

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE
in its capacity as elected Office

Date of mailing:

09 November 2000 (09.11.00)

International application No.:

PCT/EP00/01263

Applicant's or agent's file reference:

99P1869P

International filing date:

16 February 2000 (16.02.00)

Priority date:

29 April 1999 (29.04.99)

Applicant:

RAAF, Bernhard et al

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International preliminary Examining Authority on:

13 July 2000 (13.07.00)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was



was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer:

J. Zahra

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

Beschreibung

Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Synchronisations-
folge, Verfahren zur Synchronisation, Sendeeinheit und Emp-
5 fangseinheit

Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zur Bildung
einer zum Zwecke der Synchronisation zumindest zweier Über-
tragungseinheiten zu übertragenden Synchronisationsfolge, so-
10 wie ein Verfahren zur Ermittlung einer derart bildbaren Syn-
chronisationsfolge und entsprechende Sende- bzw. Empfangsein-
heiten.

Bei Signalübertragungssystemen, wie beispielsweise Mobilfunk-
15 systemen, ist es erforderlich, daß einer der Kommunikations-
partner (erste Übertragungseinheit) bestimmte festgelegte Si-
gnale erkennt, die von einem anderen Kommunikationspartner
(zweite Übertragungseinheit) ausgesandt werden. Dabei kann es
sich beispielsweise um sogenannte Synchronisations-Bursts
20 (Synchronisations-Funkblöcke) zur Synchronisation zweier Syn-
chronisationspartner, wie beispielsweise Funkstationen, oder
um sogenannte Access-Bursts handeln.

Um derartige Empfangssignale gegenüber dem Umgebungsrauschen
25 zuverlässig zu erfassen bzw. zu identifizieren, ist es be-
kannt, das Empfangssignal fortlaufend über eine festgelegte
Zeitdauer mit einer vorgegebenen Synchronisationsfolge zu
korrelieren und die Korrelationssumme über die Zeitdauer der
vorgegebenen Synchronisationsfolge zu bilden. Der Bereich des
30 Empfangssignals, der eine maximale Korrelationssumme ergibt,
entspricht dem gesuchten Signal. Dem Synchronisationssignal
von der Basisstation eines digitalen Mobilfunksystems ist
beispielsweise eine Synchronisationsfolge als sogenannte
Trainingssequenz vorgeschaltet, die auf die eben beschriebene
35 Weise in der Mobilstation durch Korrelation mit der abgespei-
cherten Synchronisationsfolge erfaßt oder ermittelt wird. So

können die Mobilstationen mit der Basisstation synchronisiert werden.

5 Auch in der Basisstation sind derartige Korrelationsberechnungen beispielsweise bei der Random-Access-Channel (RACH)-Detektion erforderlich. Außerdem wird eine Korrelationsberechnung auch zur Bestimmung der Kanalimpulsantwort und der Signallaufzeiten empfangener Signalbursts durchgeführt.

10 Die Korrelationssumme wird dabei wie folgt berechnet:

$$S_m = \sum_{i=0}^{n-1} E(i+m) * K(i)$$

15 wobei $E(i)$ eine aus dem Empfangssignal abgeleitete Empfangssignalfolge und $K(i)$ die vorgegebene Synchronisationsfolge ist, wobei i von 0 bis $n-1$ läuft. Die Korrelationssumme S_m wird aufeinanderfolgend für mehrere zeitlich versetzte, aus dem Empfangssignal gewonnene Signalfolgen $E(i)$ berechnet, und dann der maximale Wert von S_m bestimmt. Sollen k aufeinanderfolgende Korrelationssummen berechnet werden, so beträgt der Berechnungsaufwand $k * n$ Operationen, wobei eine Multiplikation und Addition zusammen als eine Operation gezählt wird.

25 Die Berechnung der Korrelationssummen ist daher sehr aufwendig und erfordert, insbesondere bei Real-Time-Anwendungen wie Sprachkommunikation oder Bildtelefonie oder in CDMA-Systemen, leistungsfähige und daher teure Prozessoren, die bei der Berechnung einen hohen Stromverbrauch aufweisen. Beispielsweise ist zur Synchronisation des sich in der Standardisierung befindlichen UMTS-Mobilfunksystems eine bekannte Synchronisationsfolge der Länge 256 Chips (bei CDMA wird ein übertragenes Bit auch Chip genannt) zu ermitteln. Die Folge wird alle 2560 Chips wiederholt. Da die Mobilstation anfangs asynchron zum Chiptakt arbeitet, muß das Empfangssignal überabgetastet werden, um auch bei ungünstiger Abtastlage noch ein ausreichenden

35

des Signal zu erhalten. Dies führt aufgrund der Abtastung der I- und Q-Komponente zu $256 \cdot 2560 \cdot 2 \cdot 2 = 2621440$ Operationen.

Der Erfindung liegt daher auch die Aufgabe zugrunde, Verfahren und Anordnungen anzugeben, die es erlauben, Synchronisationsfolgen zu bilden, und damit Synchronisationsfolgen anzugeben, die in übertragenen Empfangssignalfolgen leicht zu ermitteln sind. Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und Anordnungen anzugeben, die es erlauben, diese Synchronisationsfolgen vergleichsweise einfach zu ermitteln.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, eine sogenannte "hierarchische Folge", insbesondere hierarchische Synchronisationsfolge $y(i)$, zu bilden, welche gemäß folgender Beziehung auf einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 basiert:

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1.$$

Dadurch können Synchronisationsfolgen gebildet werden, die, wenn sie in einer Empfangssignalfolge enthalten sind, leicht ermittelt werden können. Derartige Synchronisationsfolgen weisen gute Korrelationseigenschaften auf und ermöglichen eine effiziente Berechnung der Korrelation in einer Mobilstation. Dies konnte durch aufwendige eigens für diesen Zweck geschaffene Simulationswerkzeuge gezeigt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung werden "konstituierende Folgen" auch als "Signalteilfolgen", als K_1 bzw. K_2 oder als x_1 bzw. x_2 oder als x_2 bzw. x_1 bezeichnet; "Synchronisationsfolgen" oder "Synchronisationscodes" werden auch als " $y(i)$ " oder " $K(i)$ " bezeichnet. Unter "Ermittlung einer Synchronisa-

tionsfolge" versteht man natürlich auch die Ermittlung der zeitlichen Lage einer Synchronisationsfolge. Unter "Empfangssignalfolge" versteht man auch eine Signalfolge, die beispielsweise durch eine Demodulation, Filterung, Derotation, Skalierung oder Analog-/Digitalwandlung aus einem empfangenen Signal abgeleitet wurde.

Durch die Angabe des Verfahrens zur Bildung von Synchronisationsfolgen liegen auch die Synchronisationsfolgen, die durch ein derartiges Verfahren gebildet werden können oder erhältlich sind, im Rahmen der Erfindung, insbesondere auch deren Verwendung in Datenübertragungssystemen, insbesondere zum Zwecke der Synchronisation einer Mobilstation oder Teilnehmerstation mit einer Basisstation.

Weiterbildungen der Erfindung sehen vor, als Synchronisationsfolge eine hierarchische Folge zu verwenden, die auf zwei konstituierenden Folgen der Länge 16 basiert, wobei es sich bei den konstituierenden Folgen selbst um hierarchische Folgen oder um Golaysequenzen (Golayfolgen) handeln kann.

Durch die Wahl von Golayfolgen oder von hierarchischen Folgen als konstituierende Folgen wird empfangsseitig eine weitere Verringerung der Komplexität erzielt.

Das oben beschriebene Konstruktionsprinzip einer hierarchischen Synchronisationsfolge sieht eine Wiederholung der konstituierenden Folgen in ihrer vollen Länge vor, wobei die Wiederholungen mit dem Wert des entsprechenden Elements der zweiten konstituierenden Folge moduliert wird.

Eine Weiterbildung sieht nun vor, daß nur eine Wiederholung der ersten Hälfte (oder eines anderen Teils) der ersten konstituierenden Folge durchgeführt wird, worauf die zweite Hälfte und ihre Wiederholungen folgen. Die Wiederholungen werden wieder mit dem Wert des entsprechenden Elements der zweiten konstituierenden Folge moduliert. Es wird ein Parame-

ter s eingeführt, der den Teil der konstituierenden Folge angibt, der als ein zusammenhängendes Stück wiederholt wird.

Die diesen weitergebildeten verallgemeinerten Ansatz zur Bildung "verallgemeinerter hierarchischer Folgen" beschreibende

5 Formel lautet:

$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s \cdot (i \operatorname{div} sn_3)) \cdot x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), \text{ für } i = 0 \dots n_2 \cdot n_4 - 1$$

10 Für $s=n_4$ ist diese Beziehung zur Beschreibung "verallgemeinerter hierarchischer Folgen" äquivalent zur oben erläuterten Beziehung zur Bildung "hierarchischer Synchronisationsfolgen".

15 Durch aufwendige Simulationen konnten Parameter zur Beschreibung von Golayfolgen, welche sich als konstituierende Folgen besonders gut eignen, gefunden werden.

20 Spezielle Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, zur Bildung einer hierarchischen 256-Chip-Folge, insbesondere einer Synchronisationsfolge, konstituierende Folgen der Länge 16 zu verwenden, wobei es sich bei einer ersten konstituierenden Folge um eine Golayfolge handelt und bei einer zweiten konstituierenden Folge um eine verallgemeinerte hierarchische Folge handelt, deren konstituierende Folgen auf zwei konstituierenden Golayfolgen (der Länge 4) basieren.

Beispielsweise wird x_2 als die Golayfolge der Länge 16 definiert, die durch die Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$ gewonnen wird. x_1 ist eine verallgemeinerte hierarchische Folge, wobei $s=2$ ist und die beiden Golayfolgen x_3 und x_4 als konstituierende Folgen verwendet werden. x_3 und x_4 sind identisch und als Golayfolgen der Länge 4 definiert, die durch die Delaymatrix

35 $D^1 = D^2 = [1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^1 = W^2 = [1, 1]$ beschrieben werden.

Eine Golayfolge a_N , auch als Golaysequenz oder Golay Complementary Sequence bezeichnet, ist dabei durch folgende Beziehung bildbar:

$$a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

10

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

15

$\delta(k)$ Kroneckersche Deltafunktion

D Delaymatrix

W Gewichtsmatrix

20

Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele näher beschrieben, zu deren Erläuterung die nachfolgend aufgelisteten Figuren dienen:

25 Figur 1 schematische Darstellung eines Mobilfunknetzes;

Figur 2 Blockschaltbild einer Funkstation;

30 Figur 3 herkömmliches Verfahren zur Berechnung von Korrelationssummen;

Figuren 4,5,6,7 und 8

Blockschaltbilder effizienter Golay-Korrelatoren;

35 Figur 9 Diagramm mit Simulationsergebnissen.

In Figur 1 ist ein zellulares Mobilfunknetz, wie beispielsweise das GSM (Global System for Mobile Communication)-System dargestellt, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind, bzw.
5 den Zugang zu einem Festnetz PSTN/ISDN herstellen. Ferner sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden, der auch durch ein Datenverarbeitungssystem gebildet sein kann. Eine ähnliche Architektur findet sich auch in einem UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).
10

Jeder Basisstationscontroller BSC ist wiederum mit zumindest einer Basisstation BS verbunden. Eine solche Basisstation BS ist eine Funkstation, die über eine Funkschnittstelle eine
15 Funkverbindung zu anderen Funkstationen, sogenannten Mobilstationen MS aufbauen kann. Zwischen den Mobilstationen MS und der diesen Mobilstationen MS zugeordneten Basisstation BS können mittels Funksignalen Informationen innerhalb von Funkkanälen f die innerhalb von Frequenzbändern b liegen, übertragen werden. Die Reichweite der Funksignale einer Basisstation definieren im wesentlichen eine Funkzelle FZ.
20

Basisstationen BS und ein Basisstationscontroller BSC können zu einem Basisstationssystem BSS zusammengefaßt werden. Das
25 Basisstationssystem BSS ist dabei auch für die Funkkanalverwaltung bzw. -zuteilung, die Datenratenanpaßung, die Überwachung der Funkübertragungsstrecke, Hand-Over-Prozeduren, und im Falle eines CDMA-Systems für die Zuteilung der zu verwendenden Spreizcodesets, zuständig und übermittelt die dazu nötigen Signalisierungsinformationen zu den Mobilstationen MS.
30

Im Falle eines Duplex-Systems können bei FDD (Frequency Division Duplex)-Systemen, wie dem GSM-System, für den Uplink u (Mobilstation (Sendeeinheit) zur Basisstation (Empfangseinheit)) andere Frequenzbänder vorgesehen sein als für den
35 Downlink d (Basisstation (Sendeeinheit) zur Mobilstation (Empfangseinheit)). Innerhalb der unterschiedlichen Frequenz-

bänder b können durch ein FDMA (Frequency Division Multiple Access) Verfahren mehrere Frequenzkanäle f realisiert werden.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung versteht man unter Übertragungseinheit auch Kommunikationseinheit, Sendeeinheit, Empfangseinheit, Kommunikationsendgerät, Funkstation, Mobilstation oder Basisstation. Im Rahmen dieser Anmeldung verwendete Begriffe und Beispiele beziehen sich auch oft auf ein GSM-Mobilfunksystem; sie sind jedoch keineswegs darauf beschränkt, sondern können anhand der Beschreibung von einem Fachmann auch leicht auf andere, gegebenenfalls zukünftige, Mobilfunksysteme, wie CDMA-Systeme, insbesondere Wide-Band-CDMA-Systeme abgebildet werden.

Mittels Vielfachzugriffsverfahren können Daten über eine Funkschnittstelle effizient übertragen, separiert und einer oder mehreren bestimmten Verbindungen bzw. dem entsprechenden Teilnehmer zugeteilt werden. Dazu kann ein Zeitvielfachzugriff TDMA, ein Frequenzvielfachzugriff FDMA, ein Codevielfachzugriff CDMA oder eine Kombination aus mehreren dieser Vielfachzugriffsverfahren eingesetzt werden.

Beim FDMA wird das Frequenzband b in mehrere Frequenzkanäle f zerlegt; diese Frequenzkanäle werden durch den Zeitvielfachzugriff TDMA in Zeitschlitz t_s aufgeteilt. Die innerhalb eines Zeitschlitzes t_s und eines Frequenzkanals f übertragenen Signale können durch verbindungsindividuelle den Daten aufmodulierte Spreizcodes, sogenannte CDMA-Codes cc separiert werden.

Die so entstehenden physikalischen Kanäle werden nach einem festgelegten Schema logischen Kanälen zugeordnet. Bei den logischen Kanälen unterscheidet man grundsätzlich zwei Arten: Signalisierungskanäle (bzw. Steuerkanäle) zur Übertragung von Signalisierungsinformationen (bzw. Steuerinformationen) und Verkehrskanäle (Traffic Channel TCH) zur Übertragung von Nutzdaten.

Die Signalisierungskanäle werden weiter unterteilt in:

- Broadcast Channels
- Common Control Channels
- Dedicated/Access Control Channel DCCH/ACCH

5 Zu der Gruppe der Broadcast Channels gehören der Broadcast Control Channel BCCH, durch den die MS funktechnische Informationen vom Basisstationssystem BSS erhält, der Frequency Correction Channel FCCH und der Synchronization Channel SCH. Zu den Common Control Channels gehört der Random Access Channel RACH. Die zur Realisierung dieser logischen Kanäle über-
10 tragenen Funkblöcke oder Signalfolgen können dabei für unterschiedliche Zwecke Synchronisationsfolgen $K(i)$ sog. Korrelationsfolgen enthalten, bzw. auf diesen logischen Kanälen können für unterschiedliche Zwecke Synchronisationsfolgen $K(i)$
15 übertragen werden.

Im folgenden wird beispielhaft ein Verfahren zur Synchronisation einer Mobilstation MS mit einer Basisstation BS erläutert: Während eines ersten Schritts der anfänglichen Basisstationssuche oder Zellsuche (initial cell search procedure) verwendet die Mobilstation den primären Synchronisationskanal (primary synchronisation channel SCH (PSC)), um eine Zeitschlitzsynchronisation mit der stärksten Basisstation zu erreichen. Dies kann durch einen angepaßten Filter (matched
20 filter) oder eine entsprechende Schaltung gewährleistet werden, der an den primären Synchronisationscode c_p (Synchronisationsfolge), der von allen Basisstationen ausgesendet wird, angepaßt ist. Dabei wird von allen Basisstationen BS der gleiche primäre Synchronisationscode c_p der Länge 256 ausgesendet.
25
30

Die Mobilstation ermittelt mittels Korrelation aus einer Empfangsfolge die empfangenen Synchronisationsfolgen $K(i)$. Dabei werden am Ausgang eines angepaßten Filters (matched Filter)
35 für jede empfangene Synchronisationsfolge jeder sich innerhalb des Empfangsbereichs der Mobilstation befindlichen Basisstation Peaks ausgegeben. Die Detektion der Position des

stärksten Peaks ermöglicht die Ermittlung des Timings der stärksten Basisstation modulo der Schlitzlänge. Um eine größere Verlässlichkeit zu gewährleisten, kann der Ausgang des angepaßten Filters über die Anzahl der Zeitschlitze nicht-
 5 kohärent akkumuliert werden. Die Mobilstation führt also eine Korrelation über eine Synchronisationsfolge der Länge 256 Chips als Matched-Filter-Operation durch.

Der Synchronisationscode c_p kann dabei entsprechend einer
 10 hierarchischen Synchronisationsfolge $K(i)$ bzw. $y(i)$ nach folgenden Beziehungen aus zwei konstituierenden Folgen x_1 und x_2 der Länge n_1 bzw. n_2 gebildet sein:

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$$

15

Die konstituierenden Folgen x_1 und x_2 haben die Länge 16 (d.h. $n_1 = n_2 = 16$) und sind durch folgende Beziehungen definiert:

$$x_1(i) = x_2(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), \quad i = 0 \dots (n_2 * n_3) - 1$$

20

x_1 ist also eine verallgemeinerte hierarchische Folge unter Verwendung der obigen Formel, wobei $s=2$ gewählt wird und die
 25 beiden Golayfolgen x_3 und x_4 als konstituierende Folgen verwendet werden.

x_1 wird als die Golayfolge der Länge 16 ($N_1=2$) definiert, die durch die Delaymatrix $D^1 = [8, 4, 1, 2]$ und die Gewichtsmatrix
 30 $W^1 = [1, -1, 1, 1]$ gewonnen wird.

x_3 und x_4 sind identische Golayfolgen der Länge 4 ($N = 2$), die durch die Delaymatrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$ definiert sind.

35

Die Golayfolgen werden unter Verwendung der folgenden rekursiven Beziehung definiert:

$$a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

a_n definiert dann die gewünschte Golayfolge.

Figur 2 zeigt eine Funkstation, die eine Mobilstation MS sein kann, bestehend aus einer Bedieneinheit oder Interface-Einheit MMI, einer Steuereinrichtung STE, einer Verarbeitungseinrichtung VE, einer Stromversorgungseinrichtung SVE, einer Empfangseinrichtung EE und ggf. einer Sendeeinrichtung SE.

Die Steuereinrichtung STE besteht im wesentlichen aus einem programmgesteuerten Mikrocontroller MC, der schreibend und lesend auf Speicherbausteine SPE zugreifen kann. Der Microcontroller MC steuert und kontrolliert alle wesentlichen Elemente und Funktionen der Funkstation.

Die Verarbeitungseinrichtung VE kann auch durch einen digitalen Signalprozessor DSP gebildet sein, der ebenfalls auf Speicherbausteine SPE zugreifen kann. Durch die Verarbeitungseinrichtung VE können auch Additions- und Multiplikationsmittel realisiert sein.

Der Mikrocontroller MC und/oder der digitalen Signalprozessor DSP und/oder Speichereinrichtungen SPE und/oder weitere einem Fachmann als solche bekannte Rechenelemente können dabei zu einer Proessoreinrichtung zusammengefaßt werden, welche der-

art eingerichtet ist, daß die Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 12 durchgeführt werden können.

In den flüchtigen oder nicht flüchtigen Speicherbausteinen
5 SPE sind die Programmdaten, die zur Steuerung der Funkstation und des Kommunikationsablaufs, insbesondere auch der Signalisierungsprozeduren, benötigt werden und während der Verarbeitung von Signalen entstehende Informationen gespeichert. Außerdem können darin Synchronisationsfolgen $K(i)$, die zu Korrelationszwecken verwendet werden, und Zwischenergebnisse von
10 Korrelationssummenberechnungen gespeichert werden. Die im Rahmen der Erfindung liegenden Synchronisationsfolgen $K(i)$ können also in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sein. Es ist auch möglich, daß ein oder mehrere
15 Parameter zur Definition von Synchronisationsfolgen oder daraus abgeleitete Signalteilfolgen oder Signalteilfolgenpaare ($K1(j); K2(k)$) in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sind. Es ist auch möglich, daß in der Mobilstation und/oder der Basisstation eine Synchronisationsfolge
20 $K(i)$ aus einem Signalteilfolgenpaar ($K1(j); K2(k)$) und/oder einem oder mehreren Parametern zur Definition von Synchronisationsfolgen oder daraus abgeleiteten Signalteilfolgen gebildet wird.

25 Insbesondere kann in einer Basisstation oder in allen Basisstationen eines Systems eine Synchronisationsfolge $K(i)$ abgespeichert sein, die in festen oder variablen Abständen zu Synchronisationszwecken ausgesendet wird. In der Mobilstation MS sind konstituierende Folgen (Signalteilfolgen) oder Para-
30 meter, aus welchen die in der Basisstation abgespeicherte Synchronisationsfolge $K(i)$ bildbar ist oder gebildet werden kann, abgespeichert und werden zur Synchronisation der Mobilstation mit einer Basisstation zur rechenaufwandsgünstigen Korrelationssummenberechnung herangezogen.

35

Die Speicherung der Synchronisationsfolgen bzw. der Signalteilfolgen oder Parameter kann auch durch eine Speiche-

5 rung entsprechender Informationen in beliebig codierter Form
erfolgen und durch Mittel zur Speicherung, wie beispielsweise
flüchtige und/oder nichtflüchtige Speichereinbausteine oder
durch entsprechend konfigurierte Addierer- oder Multiplizier-
rereingänge oder entsprechende gleichwirkende Hardwareausge-
staltungen realisiert sein.

10 Der Hochfrequenzteil HF besteht ggf. aus der Sendeeinrichtung
SE, mit einem Modulator und einem Verstärker V und einer Emp-
fangseinrichtung EE mit einem Demodulator und ebenfalls einem
Verstärker. Durch Analog/Digitalwandlung werden die analogen
Audiosignale und die analogen von der Empfangseinrichtung EE
stammenden Signale in digitale Signale gewandelt und vom di-
15 gitalen Signalprozessor DSP verarbeitet. Nach der Verarbei-
tung werden ggf. die digitalen Signale durch Digital/Analog-
wandlung in analoge Audiosignale oder andere Ausgangssignale
und analoge der Sendeeinrichtung SE zuzuführende Signale ge-
wandelt. Dazu wird gegebenenfalls eine Modulation bzw. Demo-
20 dulation durchgeführt.

20 Der Sendeeinrichtung SE und der Empfangseinrichtung EE wird
über den Synthesizer SYN die Frequenz eines spannungsgeregel-
ten Oszilators VCO zugeführt. Mittels des spannungsgesteuer-
ten Oszillators VCO kann auch der Systemtakt zur Taktung von
25 Prozessoreinrichtungen der Funkstation erzeugt werden.

30 Zum Empfang und zum Senden von Signalen über die Luftschnitt-
stelle eines Mobilfunksystems ist eine Antenneneinrichtung
ANT vorgesehen. Bei einigen bekannten Mobilfunksystemen, wie
dem GSM (Global System for Mobile Communication) werden die
30 Signale zeitlich gepulst in sogenannten bursts empfangen und
gesendet.

35 Bei der Funkstation kann es sich auch um eine Basisstation BS
handeln. In diesem Fall wird das Lautsprecherelement und das
Mikrophonelement der Bedieneinheit MMI durch eine Verbindung
zu einem Mobilfunknetz, beispielsweise über einen Basisstati-

onscontroller BSC bzw. eine Vermittlungseinrichtung MSC ersetzt. Um gleichzeitig Daten mit mehreren Mobilstationen MS auszutauschen, verfügt die Basisstation BS über eine entsprechende Vielzahl von Sende- bzw. Empfangseinrichtungen.

5

In Figur 3 ist eine Empfangssignalfolge $E(1)$, bei der es sich auch um ein von einem Empfangssignal abgeleitete Signalfolge handeln kann, der Länge w dargestellt. Zur Berechnung einer ersten Korrelationssumme S_0 entsprechend eingangs angegebener Formel werden Elemente eines ersten Abschnitts dieser Empfangssignalfolge $E(1)$ paarweise mit den entsprechenden Elementen der Synchronisationsfolge $K(i)$ der Länge n multipliziert, und die Länge der resultierenden Teilergebnisse zur Korrelationssumme S_0 aufaddiert.

15

Zur Berechnung einer weiteren Korrelationssumme S_1 wird die Synchronisationsfolge $K(i)$ wie in der Figur bildlich dargestellt um ein Element nach rechts verschoben und die Elemente der Synchronisationsfolge $K(i)$ mit den entsprechenden Elementen der Signalfolge $E(1)$ paarweise multipliziert, und durch eine Summation der entstehenden Teilergebnisse wieder die Korrelationssumme S_1 gebildet.

20

Die paarweise Multiplikation der Elemente der Synchronisationsfolge mit entsprechenden Elementen der Empfangssignalfolge und die anschließende Summation kann auch in Vektorschreibweise als die Bildung eines Skalarproduktes beschrieben werden, sofern man jeweils die Elemente der Synchronisationsfolge und die Elemente der Empfangssignalfolge zu einem Vektor zusammenfaßt:

30

$$S_0 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(i) \\ \vdots \\ E(n-1) \end{pmatrix} = K(0) * E(0) + \dots + K(i) * E(i) + \dots + K(n-1) * E(n-1)$$

$$S1 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(i+1) \\ \vdots \\ E(n) \end{pmatrix} = K(0) * E(1) + \dots + K(i) * E(i+1) + \dots + K(n-1) * E(n)$$

In den so ermittelten Korrelationssummen S kann das Maximum gesucht werden, das Maximum der Korrelationssummen S mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen werden, und so ermittelt werden, ob in dem Empfangssignal E(1) die vorgegebene Synchronisationsfolge K(i) enthalten ist und wenn ja, wo im Empfangssignal E(1) sie sich befindet, und so zwei Funkstationen miteinander synchronisiert werden bzw. Daten, denen ein individueller Spreizcode in Form einer Synchronisationsfolge K(i) aufmoduliert wurde, detektiert werden.

Figur 4 zeigt einen effizienten hierarchischen Korrelator für Synchronisationsfolgen, wobei als konstituierende Folgen K1, K2 Golayfolgen X, Y der Länge nx bzw. ny verwendet werden. Der Korrelator besteht aus zwei hintereinander geschalteten Matched Filtern (Figur 4 a), die jeweils als Efficient-Golay-Korrelatoren gebildet sind. Figur 4 b) zeigt den Matched Filter für die Folge X und Figur 4 c) zeigt den Matched Filter für die Folge Y.

In Figur 4 b) gelten folgende Bezeichnungen:

- n = 1, 2, ...NX
- ny Länge der Folge Y
- nx Länge der Folge X
- NX mit $nx=2^{NX}$
- DX_n $DX_n = 2^{PX_n}$
- PX_n Permutation der
- Zahlen {0, 1, 2, ..., NX-1}
- für die Signalteilfolge X
- WX_n Gewichte für die Signalteilfolge X
- aus (+1, -1, +i oder -i).

In Figur 4 c) gelten folgende Bezeichnungen:

- $n = 1, 2, \dots, NY$
 5 ny Länge der Folge Y
 NY mit $ny=2^{NY}$
 DY_n $DY_n = 2^{PY_n}$
 PY_n Permutation der
 Zahlen $\{0, 1, 2, \dots, NY-1\}$
 10 für die Signalteilfolge Y
 WY_n Gewichte für die Signalteilfolge Y
 aus $(+1, -1, +i$ oder $-i)$.

Definition:

- 15 $a_n(k)$ und $b_n(k)$ sind zwei komplexe Folgen der Länge 2^N ,
 $\delta(k)$ ist die Kronecker Delta-Funktion,
 k ist eine die Zeit repräsentierende ganze Zahl,
 n ist die Iterationsnummer,
 D_n ist die Verzögerung,
 20 P_n , $n = 1, 2, \dots, N$, ist eine beliebige Permutation der
 Zahlen $\{0, 1, 2, \dots, N-1\}$,
 W_n können als Gewichte die Werte $+1, -1, +i, -i$ annehmen.

- 25 Die Korrelation einer Golaysequenz der Länge 2^N kann folgen-
 dermaßen effizient durchgeführt werden:
 Man definiert die Folgen $R_n^{(0)}(k)$ und $R_n^{(1)}(k)$ als $R_n^{(0)}(k) =$
 $R_n^{(1)}(k) = r(k)$, wobei $r(k)$ das Empfangssignal oder die Ausga-
 be einer anderen Korrelationsstufe ist.

- 30 Folgender Schritt wird N mal ausgeführt, wobei n von 1 bis N
 läuft:

Berechne

$$R_n^{(2)}(k) = W_{P_n} * R_n^{(1)}(k) + R_n^{(1)}(k - D_n)$$

35 Und

$$R_n^{(3)}(k) = W_{P_n} * R_n^{(2)}(k) - R_n^{(2)}(k - D_n)$$

Dabei bezeichnet W_n^* das konjugiert komplexe zu W_n . Falls die Gewichte W reell sind, ist W_n^* identisch zu W_n .

$R_n^{(k)}(k)$ ist dann die zu berechnende Korrelationssumme.

5

Ein Efficient Golay Korrelator für eine Synchronisationsfolge der Länge 256 (2^8) Chips im Empfänger weist in der Regel $2 \cdot 8 - 1 = 15$ komplexe Addierer auf.

- 10 Mit der Kombination aus Hierarchischer Korrelation und Efficient Golay Korrelator sind für einen Hierarchischen Code - beschrieben durch zwei konstituierende Sequenzen X und Y - der Länge 256 ($2^4 \cdot 2^4$) nur $2 \cdot 4 - 1 + 2 \cdot 4 - 1 = 14$ komplexe Addierer erforderlich (auch für den Fall, daß vierwertige konstituierende Folgen eingesetzt werden).
- 15

Damit wird der Berechnungsaufwand, der für die primäre Synchronisation in CDMA-Mobilfunksystemen sehr hoch ist, um 7% reduziert, weil effiziente hierarchische Korrelatoren und Golay-Korrelatoren kombiniert werden können. Eine mögliche Implementierung des gesamten Korrelators, ein effizienter abgeschnittener Golay-Korrelator für verallgemeinerte hierarchische Golayfolgen, ist in Figur 5 gezeigt. Dieser wird auch als abgeschnittener Golay-Korrelator bezeichnet, weil eine

20

25 der Ausgaben in bestimmten Stufen abgeschnitten wird und statt dessen eine andere Ausgabe als Eingabe für die nächste Stufe verwendet wird.

Der Vektor D ist definiert durch $D = [128, 16, 64, 32, 8, 4, 1, 2]$ und $W = [1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$. Dieser Korrelator erfordert nur 13 Additionen pro berechneter Korrelationssumme.

30

Die verallgemeinerte hierarchische Golayfolge bietet im Vergleich zu einer Folge mit einfacher hierarchischer oder golay-gestützter Struktur aufgrund effizienterer Möglichkeiten zur Berechnung der Korrelationssumme mit dieser Golayfolge

35

Vorteile. Simulationen zeigen außerdem auch bei höheren Frequenzfehlern gute Ergebnisse hinsichtlich der Schlitz-synchronisation.

- 5 Im folgenden werden die hierarchischen Golayfolgen mit beiden einfachen Verfahren verglichen.

Figur 6 zeigt zunächst einen Effizienten Korrelator für einfache hierarchische Folgen und ein einfaches Korrelations-
10 verfahren für die hierarchische Korrelation.

Die hierarchische Korrelation besteht aus zwei verketteten, angepaßten Filterblöcken, die jeweils eine standardmäßige Korrelation über eine der konstituierenden Folgen durchführen.
15 Es wird angenommen, daß die Korrelation über X_1 (16-Symbol-Akkumulation) vor der Korrelation über X_2 (16-Chip-Akkumulation) durchgeführt wird. Dies ist eine Implementierungsoption, weil beide angepaßten Filterblöcke (in der Figur 6 in gestrichelten Linien eingeschlossen) lineare Systeme
20 sind, die in einer beliebigen Reihenfolge verbunden werden können. Auf diese Weise können $240 \cdot n$ Delayleitungen mit der minimalen Wortlänge implementiert werden, da vorher keine Akkumulation erfolgt und deshalb kein Signal/Störungs-Gewinn erzielt wird. Dabei bezeichnet n den Oversampling-Faktor,
25 d.h. wie viele Abtastungen pro Chipintervall durchgeführt werden.

Wie bereits erwähnt, können einer oder beide der angepaßten Filterblöcke gegebenenfalls wieder durch einen Korrelator für
30 eine (verallgemeinerte) hierarchische Folge oder durch einen effizienten Golay-Korrelator (EGC) ersetzt werden.

Figur 7 zeigt ein einfaches Korrelationsverfahren für den effizienten Golay-Korrelator (EGC) für eine einfache Golayfolge.
35 Ein effizienter hierarchischer Golay-Korrelator entspricht in seinem Aufbau einem Effizienten Korrelator für

einfache hierarchische Folgen (siehe Figur 6) mit der Ausnahme, daß zwei Addierer weggelassen werden können.

Figur 8 zeigt nun einen Effizienten Golay-Korrelator für verallgemeinerte hierarchische Golayfolge. Die Einsparung zweier Addierer von 15 Addierern verringert offensichtlich die Komplexität des Verfahrens entsprechend.

Figur 9 zeigt Simulationsergebnisse, wobei der Schlitzsynchronisationsschritt auf einem einstrahligen Rayleigh-Fading-Kanal mit 3 km/h für verschiedene Chip/Rausch-Verhältnisse (CNR) ohne und mit Frequenzfehler untersucht wurde. Es wird gezeigt, daß der oben definierte Synchronisationscode, im folgenden GHG bezeichnet, gegenüber einem anderen Synchronisationscode, im folgenden S_{new} bezeichnet, hinsichtlich der Schlitzsynchronisationsleistung praktisch gleich gut geeignet ist. Es liegen Ergebnisse für die Verwendung von Mittelwertbildung mit 24 Schlitzten vor. Zusammen mit dem primären Synchronisationskanal (PSC) wird ein sekundärer Synchronisationskanal gesendet, der auf einer zufälligen Auswahl aus 32 Symbolen basiert. Die graphische Darstellung zeigt, daß kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Synchronisationscode S_{new} und dem verallgemeinerten hierarchischen Golay-Synchronisationscode GHG für keinen Frequenzfehler und einen Frequenzfehler von 10 kHz besteht.

Die vorgeschlagene Synchronisationsfolge GHG weist insbesondere bei 10 kHz bessere Autokorrelationseigenschaften als S_{old} (gepunktete Kurve) auf. Die graphische Darstellung zeigt, daß die Synchronisationseigenschaften von GHG so bezüglich des praktischen Einsatzes optimal sind. S_{old} ist eine nicht besonders auf Frequenzfehler optimierte hierarchische Korrelationsfolge.

Durch die Verwendung der verallgemeinerten hierarchischen Golayfolgen für den primären Synchronisationskanal (PSC) wird also empfangsseitig die Berechnungskomplexität reduziert; die

Komplexität wird gegenüber herkömmlichen Folgen von 30 Additionen bzw. gegenüber Golayfolgen von 15 Additionen pro Ausgabeabtastwert auf nur 13 Additionen reduziert.

- 5 Die Simulationen zeigen, daß die vorgeschlagene Synchronisationsfolge GHG sowohl bei niedrigen als auch bei höheren Fehlern gute Synchronisationseigenschaften aufweisen. Aufgrund einer niedrigeren rechnerischen Komplexität ist zur Implementierung weniger spezifische Hardware erforderlich, und es
- 10 wird ein niedrigerer Stromverbrauch erzielt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung einer Synchronisationsfolge $y(i)$ der Länge n , bei dem
 - 5 die Synchronisationsfolge $y(i)$ gemäß folgender Beziehung auf einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 basiert:

$$y(i) = x_1(i \bmod n_1) * x_2(i \operatorname{div} n_1) \text{ für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1.$$
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Synchronisationsfolge $y(i)$ die Länge 256 aufweist, und die konstituierenden Folgen x_1 , x_2 die Länge 16 aufweisen.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
 - 15 es sich bei zumindest einer der konstituierenden Folgen x_1 bzw. x_2 um eine Golaysequenz handelt.
- 4 Verfahren nach Anspruch 3, bei dem
 - zumindest eine der beiden konstituierenden Folgen x_1 bzw. x_2
 - 20 eine Golaysequenz ist, die auf folgenden Parametern basiert:
 Delaymatrix $D^1 = [8, 4, 1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^1 = [1, -1, 1, 1]$;
 bzw.
 Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^2 = [1, -1,$
 25 $1, 1]$.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bildung zumindest einer konstituierenden Folge x_1 bzw. x_2 gemäß folgender Beziehung erfolgt:
 - 30 $x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), i$
 $= 0 \dots (n_3 * n_4) - 1;$
 bzw.
 $x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), i$
 $= 0 \dots (n_3 * n_4) - 1.$
 - 35
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem

x_i und x_j identisch sind und als Golaysequenzen der Länge 4 auf folgenden Parametern basieren:

Delaymatrix $D^i = D^j = [1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^i = W^j = [1, 1]$.

5

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei dem eine Golaysequenz a_n durch folgende rekursive Beziehung definiert ist:

$$10 \quad a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

15

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N,$$

20

$\delta(k)$ Kroneckersche Deltafunktion

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bildung und/oder Übertragung der Synchronisationsfolge $y(i)$ zum Zwecke der Synchronisation mindestens zweier Übertragungseinheiten erfolgt.

25

9. Verfahren zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge $E(l)$ enthaltenen vorgegebenen Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, bei dem Korrelationssummen S der Synchronisationsfolge $y(i)$ mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge $E(l)$ bestimmt werden.

30

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem zur Bestimmung zumindest einer Korrelationssumme S zumindest ein Efficient Golay Correlator (EGC) verwendet wird.

35

11. Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation (BS) mit einer Mobilstation (MS), bei dem die Basisstation eine Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, aussendet, und eine Mobilstation diese Synchronisationsfolge $y(i)$ empfängt und zu Synchronisationszwecken verarbeitet.

12. Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation (BS) mit einer Mobilstation (MS), bei dem die Basisstation eine Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, aussendet, und die Mobilstation die Synchronisationsfolge $y(i)$ nach einem der Ansprüche 9 oder 10 ermittelt.

13. Sendeeinheit (BS) mit Mitteln (SPE) zur Speicherung einer Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, und Mitteln zur Aussendung dieser Synchronisationsfolge $y(i)$ zum Zwecke der Synchronisation mit einer Empfangseinheit (MS).

14. Sendeeinheit (BS) mit Mitteln (SPE) zur Speicherung von Parametern oder konstituierenden Folgen zur Beschreibung einer Synchronisationsfolge $y(i)$, Mitteln zur Bildung einer Synchronisationsfolge $y(i)$ gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, und Mitteln zur Aussendung dieser Synchronisationsfolge $y(i)$ zum Zwecke der Synchronisation mit einer Empfangseinheit (MS).

15. Empfangseinheit (MS) mit Mitteln (SPE) zur Speicherung einer Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist,

Mitteln zum Empfang einer Empfangssignalfolge $E(i)$, und
Mitteln zur Ermittlung einer Synchronisationsfolge $y(i)$.

16. Empfangseinheit (MS) mit

5 Mitteln (SPE) zur Speicherung von Parametern oder konstituierenden Folgen zur Beschreibung einer Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist,

Mitteln zum Empfang einer Empfangssignalfolge $E(i)$, und

10 Mitteln zur Ermittlung einer Synchronisationsfolge $y(i)$.

17. Empfangseinheit (MS) nach einem der Ansprüche 15 bis 16 mit zumindest einem Efficient Golay Korrelator zur Ermittlung der Synchronisationsfolge $y(i)$.

15

18. Empfangseinheit (MS) nach einem der Ansprüche 15 bis 17 mit

zwei hintereinander geschalteten Matched Filtern, die als Efficient Golay Korrelatoren ausgebildet sind zur Ermittlung

20 der Synchronisationsfolge $y(i)$.

19. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen,

bei dem die Synchronisationsfolge aus zwei konstituierenden
25 Folgen zusammengesetzt ist,

wobei die erste konstituierende Folge entsprechend der Anzahl der Elemente der zweiten konstituierenden Folge wiederholt wird,

30 wobei alle Elemente einer bestimmten Wiederholung der ersten konstituierenden Folge mit dem entsprechenden Element der zweiten konstituierenden Folgen moduliert werden und die Wiederholungen der ersten konstituierenden Folge miteinander verschachtelt werden.

35 20. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen,

bei dem die Synchronisationsfolge $y(i)$ der Länge $(n_1 * n_2)$ aus zwei konstituierenden Folgen x_1 und x_2 der Länge n_1 und n_2 gemäß der Formel $y(i) = x_2(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} sn_1)) * x_1((i \operatorname{div} s) \bmod n_1)$, $i = 0, \dots, (n_1 * n_2) - 1$, zusammengesetzt ist.

5

21. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen nach einem der Ansprüche 19 oder 20,

bei dem eine konstituierende Folge x_2 aus zwei konstituierenden Folgen x_3 der Länge n_3 und x_4 der Länge n_4 gemäß der Formel $x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3)$, $i = 0, \dots, (n_3 * n_4) - 1$ zusammengesetzt ist oder eine Golaysequenz ist.

10

Zusammenfassung

Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Synchronisations-
folge, Verfahren zur Synchronisation, Sendeeinheit und Emp-
5 fangseinheit

Bildung von Synchronisationsfolgen die auf Signalteilfolgen
basieren, wobei die zweite Signalteilfolge wiederholt wird
und dabei durch die erste Signalteilfolge moduliert.

10

Figur 1

Replaced by
Article 34

104018436
531 Rec'd PCIA... 29 OCT 2001

GR 99 P 1869
Foreign version

Method for forming and/or determining a synchronization sequence, a synchronization method, a transmitting unit and a receiving unit

- 5 The invention relates, in particular, to a method for forming a synchronizing sequence to be transmitted for the purpose of synchronizing at least two transmission units, and to a method for determining a synchronization sequence that can be formed in such a way, and to corresponding transmitting and receiving units.

15 In signal transmission systems, such as mobile radio systems, it is necessary for one of the communication partners (first transmission unit) to detect specific fixed signals which are emitted by another communication partner (second transmission unit). These can be, for example, what are termed synchronization bursts for synchronizing two synchronization partners such as radio stations, for example, or what are termed access bursts.

25 In order to detect or identify such received signals reliably by contrast with the ambient noise, it is known to correlate the received signal continuously with a prescribed synchronization sequence over a fixed time duration, and to form the correlation sum over the time duration of the prescribed synchronization sequence. The range of the received signal, which yields a maximum correlation sum, corresponds to the signal being searched for. Connected upstream, as what is termed a training sequence, of the synchronization signal from the base station of a digital mobile radio system, is, for example, a synchronization sequence which is detected or determined in the mobile station in the way just described by correlation with the stored synchronization sequence.

The mobile stations can thus be synchronized with the base station.

Such correlation calculations are also necessary in the
5 base station, for example in the case of random-access-
channel (RACH) detection. Moreover, a correlation
calculation is also carried out to determine the
channel pulse response and the signal propagation times
of received signal bursts.

10

The correlation sum is calculated as follows in this
case:

$$S_m = \sum_{i=0}^{n-1} E(i+m) * K(i)$$

15

$E(i)$ being a received signal sequence derived from the
received signal, and $K(i)$ being the prescribed
synchronization sequence, i running from 0 to $n-1$. The
correlation sum S_m is calculated sequentially for a
20 plurality of temporally offset signal sequences $E(i)$
obtained from the received signal, and then the maximum
value of S_m is determined. If k sequential correlation
sums are to be calculated, the outlay on calculation is
 $k * n$ operations, a multiplication and addition being
25 counted together as one operation.

The calculation of the correlation sums is therefore
very complicated and, particularly in real time
applications such as voice communication or video
30 telephony or in CDMA systems, requires powerful and
therefore expensive processors which have a high power
consumption during calculation. For example, a known
synchronization sequence of length 256 chips (a
transmitted bit is also termed a chip in CDMA) is to
35 be determined for the purpose of synchronizing the UMTS

mobile radio system, which is being standardized. The sequence is repeated every 2560 chips. Since the mobile station initially operates asynchronously relative to the chip clock, the received signal must be oversampled
5 in order still to retain an adequate

signal even given an unfavorable sampling situation. Because of the sampling of the I and Q components, this leads to $256 \times 2560 \times 2 \times 2 = 2621440$ operations.

- 5 It is therefore also the object of the invention to specify methods and arrangements which permit synchronization sequences to be formed, and thus synchronization sequences to be specified, which are easy to determine in transmitted received signal
- 10 sequences. It is also the object of the invention to specify a method and arrangements which permit these synchronization sequences to be determined comparatively easily.
- 15 The object is achieved by means of the features of the independent patent claims. Developments are to be gathered from the subclaims.

The invention is based on the idea of forming what is

20 termed a "hierarchical sequence", in particular a hierarchical synchronization sequence $y(i)$ which is based in accordance with the following relationship on a first constituent sequence x_1 of length n_1 and a second constituent sequence x_2 of length n_2 :

25

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ for } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$$

It is thereby possible to form synchronization sequences which can be determined easily when they are

30 contained in a received signal sequence. Such synchronization sequences have good correlation properties and permit efficient calculation of the correlation in a mobile station. It was possible to show this by means of complex simulation tools created

35 specifically for this purpose.

Within the scope of the present invention, "constituent

sequences" as well as "partial signal sequences" are
denoted as K_1 and K_2 , respectively, or as x_1 and x_1 ,
respectively, or as x_2 and x_2 , respectively;
"synchronization sequences" or "synchronization codes"
5 are also denoted as " $y(i)$ " or " $K(i)$ ". Of course,
"determination of a

synchronization sequence" is also understood as the determination of the temporal position of a synchronization sequence. The term "received signal sequence" is also understood as a signal sequence which
5 is derived from a received signal by demodulation, filtering, derotation, scaling or analog-to-digital conversion, for example.

The synchronization sequences which can be formed or
10 can be obtained by such a method are also within the scope of the invention owing to the specification of the method for forming synchronization sequences, in particular, also their use in data transmission systems, in particular for the purpose of synchronizing
15 a mobile station or subscriber station with a base station.

Developments of the invention provide for using as synchronization sequence a hierarchical sequence which
20 is based on two constituent sequences of length 16, it being possible for the constituent sequences themselves to be hierarchical sequences or Golay sequences.

A further reduction in complexity at the receiving end
25 is achieved by the selection of Golay sequences or of hierarchical sequences as constituent sequences.

The above-described design principle of a hierarchical synchronization sequence envisages a repetition of the
30 constituent sequences in their full length, the repetitions being modulated with the value of the corresponding element of the second constituent sequence.

35 One development provides that only one repetition of the first half (or another part) of the first constituent sequence is carried out, followed thereupon

GR 99 P 1869
Foreign version

- 4a -

by the second half and its repetitions. The repetitions are modulated once again with the value of the corresponding element of the second constituent sequence. A parameter

s is introduced which specifies the part of the constituent sequence which is repeated as a coherent piece. The formula describing this generalized developed formulation for forming "generalized hierarchical sequences" runs:

$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s \cdot (i \operatorname{div} sn_3)) \cdot x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3),$$

for $i = 0 \dots n_3 \cdot n_4 - 1$

- 10 For $s=n_4$, this relationship for describing "generalized hierarchical sequences" is equivalent to the relationship explained above for forming "hierarchical synchronization sequences".
- 15 It was possible by means of complicated simulations to find parameters for describing Golay sequences which are particularly well suited as constituent sequences.

Specific refinements of the invention provide for using constituent sequences of length 16 to form a hierarchical 256 chip sequence, in particular a synchronization sequence, a first constituent sequence being a Golay sequence, and a second constituent sequence being a generalized hierarchical sequence whose constituent sequences are based on two constituent Golay sequences (of length 4).

For example, x_2 is defined as the Golay sequence of length 16 which is obtained by the delay matrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ and the weight matrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$. x_1 is a generalized hierarchical sequence, in which case $s=2$ and the two Golay sequences x_3 and x_4 are used as constituent sequences. x_3 and x_4 are identical and are defined as Golay sequences of length 4 which are described by the delay matrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ and the weight matrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$.

A Golay sequence a_N , also denoted as a Golay complementary sequence, can be formed in this case using the following relationship:

5
$$a_0(k) = \delta(k) \text{ and } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n),$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n),$$

10

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

15

$\delta(k)$ Kronecker delta function

D Delay matrix

W Weight matrix

20

The invention is described below in more detail with the aid of various exemplary embodiments, the explanation of which is shown by the following listed figures in which:

25

figure 1 shows a schematic of a mobile radio network;

figure 2 shows a block diagram of a radio station;

30

figure 3 shows a conventional method for calculating correlation sums;

figures 4, 5, 6, 7 and 8

show block diagrams of efficient Golay correlators;

35

figure 9 shows a diagram with simulation results.

Illustrated in figure 1 is a cellular mobile radio network such as, for example, the GSM (Global System for Mobile Communication), which comprises a multiplicity of mobile switching centers MSC which are
5 networked with one another and/or provide access to a fixed network PSTN/ISDN. Furthermore, these mobile switching centers MSC are connected to in each case at least one base station controller BSC, which can also be formed by a data processing system. A similar
10 architecture is also to be found in a UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

Each base station controller BSC is connected, in turn, to at least one base station BS. Such a base station BS
15 is a radio station which can use an air interface to set up a radio link to other radio stations, what are termed mobile stations MS. Information inside radio channels f which are situated inside frequency bands b can be transmitted by means of radio signals between
20 the mobile stations MS and the base station BS assigned to these mobile stations MS. The range of the radio signals of a base station substantially define a radio cell FZ.

25 Base stations BS and a base station controller BSC can be combined to form a base station system BSS. The base station system BSS is also responsible in this case for radio channel management and/or assignment, data rate matching, monitoring the radio transmission link, hand-
30 over procedures and, in the case of a CDMA system, assigning the spread code set to be used, and transfers the signaling information required for this purpose to the mobile stations MS.

35 For FDD (Frequency-Division Duplex) systems such as the GSM, it is possible in the case of a duplex system to

Foreign version

provide for the uplink u (mobile station (transmitting unit) to the base station (receiving unit)) frequency bands differing from those for the downlink d (base station (transmitting unit) to the mobile station (receiving unit)). A plurality of frequency channels f
5 can be implemented within the different frequency

Foreign version

bands b by means of an FDMA (Frequency-Division Multiple Access) method.

Within the scope of the present application, the
5 transmission unit is also understood as a communication
unit, transmitting unit, receiving unit, communication
terminal, radio station, mobile station or base
station. Terms and examples used within the scope of
this application frequently refer also to a GSM mobile
10 radio system; however, they are not in any way limited
thereto, but can easily be mapped by a person skilled
in the art with the aid of the description onto other,
possibly future, mobile radio systems such as CDMA
systems, in particular wide-band CDMA systems.

15 Data can be efficiently transmitted, separated and
assigned to one or more specific links and/or to the
appropriate subscriber via an air interface by means of
multiple access methods. It is possible to make use for
20 this purpose of time-division multiple access TDMA,
frequency-division multiple access FDMA, code-division
multiple access CDMA or a combination of a plurality of
these multiple access methods.

25 In FDMA, the frequency band b is broken down into a
plurality of frequency channels f ; these frequency
channels are split up into time slots t_s by means of
time-division multiple access TDMA. The signals
transmitted within a time slot t_s and a frequency
30 channel f can be separated by means of spread codes,
what are termed CDMA codes cc , that are modulated in a
link-specific fashion onto the data.

The physical channels thus produced are assigned to
35 logic channels according to a fixed scheme. The logic
channels are basically distinguished into two types:

Foreign version

signaling channels (or control channels) for transmitting signaling information (or control information), and traffic channels (TCH) for transmitting useful data.

Foreign version

The signaling channels are further subdivided into:

- broadcast channels
- common control channels
- dedicated/access control channels DCCH/ACCH

5 The group of broadcast channels includes the broadcast control channel BCCH, through which the MS receives radio information from the base station system BSS, the frequency correction channel FCCH and the synchronization channel SCH. The common control
10 channels include the random access channel RACH. The bursts or signal sequences that are transmitted to implement these logic channels can include in this case for different purposes synchronization sequences $K(i)$, what are termed correlation sequences, or
15 synchronization sequences $K(i)$ can be transmitted on these logic channels for different purposes.

A method for synchronizing a mobile station MS with a base station BS is explained below by way of example:
20 during a first step of the initial search for a base station or search for a cell (initial cell search procedure), the mobile station uses the primary synchronization channel (SCH (PSC)) in order to achieve a time slot synchronization with the strongest base
25 station. This can be ensured by means of a matched filter or an appropriate circuit which is matched to the primary synchronization code c_p (synchronization sequence) that is emitted by all the base stations. In this case, all the base stations BS emit the same
30 primary synchronization code c_p of length 256.

The mobile station uses correlation to determine from a received sequence the received synchronization sequences $K(i)$.

GR 99 P 1869
Foreign version

- 9a -

In this case, peaks are output at the output of a
matched filter for each received synchronization
sequence of each base station located within the
reception area of the mobile station. The detection of
5 the position of the

strongest peak permits the determination of the timing of the strongest base station modulo of the slot length. In order to ensure a greater reliability, the output of the matched filter can be accumulated over
5 the number of time slots in a non-coherent fashion. The mobile station therefore carries out a correlation over a synchronization sequence of length 256 chips as a matched-filter operation.

10 The synchronization code c_p can be formed in this case according to a hierarchical synchronization sequence $K(i)$ or $y(i)$ using the following relationships from two constituent sequences x_1 and x_2 of length n_1 and n_2 respectively:

15

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ for } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$$

The constituent sequences x_1 and x_2 are of length 16 (that is to say $n_1 = n_2 = 16$), and are defined by the
20 following relationships:

$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), \quad i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$$

25 x_1 is thus a generalized hierarchical sequence using the above formula, in which case $s=2$ is selected and the two Golay sequences x_3 and x_4 are used as constituent sequences.

30 x_2 is defined as the Golay sequence of length 16 ($N_2=2$) which is obtained by means of the delay matrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ and the weight matrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$.

x_3 and x_4 are identical Golay sequences of length 4
35 ($N = 2$), which are defined by the delay matrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ and the weight matrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$.

GR 99 P 1869
Foreign version

- 10a -

The Golay sequences are defined using the following recursive relationship:

$$a_0(k) = \delta(k) \text{ and } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

5 $b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

10

a_N then defines the required Golay sequence.

Figure 2 shows a radio station which can be a mobile station MS, consisting of an operating unit or interface unit MMI, a control device STE, a processing device VE, a power supply device SVE, a receiving device EE and, if appropriate, a transmitting device SE.

20 The control device STE essentially comprises a program-controlled microcontroller MC, which can access memory chips SPE by writing and reading. The microcontroller MC controls and monitors all essential elements and functions of the radio station.

25 The processing device VE can also be formed by a digital signal processor DSP, which can likewise access memory chips SPE. Addition and multiplication means can also be realized by means of the processing device VE.

30 The microcontroller MC and/or the digital signal processor DSP and/or storage devices SPE and/or further computing elements known as such to a person skilled in the art can be combined in this case to form a processor device which is

set up in such a way that the method in accordance with claims 1 to 12 can be carried out.

The program data required for controlling the radio station and the communication cycle, as well as, in particular, the signaling procedures, and information produced during the processing of signals are stored in the volatile or nonvolatile memory chips SPE. Moreover, synchronization sequences $K(i)$ which are used for correlation purposes, and intermediate results of correlation sum calculations can be stored therein. The synchronization sequences $K(i)$ within the scope of the invention can thus be stored in the mobile station and/or the base station. It is also possible for one or more parameters for defining synchronization sequences or partial signal sequences or partial signal sequence pairs $(K1(j); K2(k))$ derived therefrom to be stored in the mobile station and/or the base station. It is also possible for a synchronization sequence $K(i)$ to be formed from a partial signal sequence pair $(K1(j); K2(k))$ and/or one or more parameters for defining synchronization sequences or partial signal sequences derived therefrom in the mobile station and/or the base station.

In particular, it is possible to store in a base station or in all the base stations in a system a synchronization sequence $K(i)$ which is emitted at fixed or variable intervals for synchronization purposes. Constituent sequences (partial signal sequences) or parameters from which the synchronization sequence $K(i)$ stored in the base station can be, or are, formed are stored in the mobile station MS and are used to synchronize the mobile station with a base station in order to calculate the correlation sum favorably in terms of computational outlay.

GR 99 P 1869
Foreign version

- 12a -

The storage of the synchronization sequences or the partial signal sequences or parameters can also be performed by

storing appropriate information in arbitrarily coded form, and can be implemented with the aid of means for storage such as, for example, volatile and/or nonvolatile memory chips or by means of appropriately
5 designed adder or multiplier inputs or appropriate hardware configurations which have the same effect.

The high-frequency section HF comprises, if appropriate, the transmitting device SE, with a
10 modulator and an amplifier V, and a receiving device EE with a demodulator and, likewise, an amplifier. The analog audio signals and the analog signals originating from the receiving device EE are converted by means of analog-to-digital conversion into digital signals and
15 processed by the digital signal processor DSP. After processing, the digital signals are converted, if appropriate, by digital-to-analog conversion into analog audio signals or other output signals and analog signals that are to be fed to the transmitting device
20 SE. Modulation or demodulation, respectively, is carried out for this purpose, if appropriate.

The transmitting device SE and the receiving device EE are fed with the frequency of a voltage-controlled
25 oscillator VCO via the synthesizer SYN. The system clock for timing processor devices of the radio station can also be generated by means of the voltage-controlled oscillator VCO.

30 An antenna device ANT is provided for receiving and for transmitting signals via the air interface of a mobile radio system. The signals are received and transmitted in what are termed bursts that are pulsed over time in the case of some known mobile radio systems such as the
35 GSM (Global System for Mobile Communication).

The radio station may also be a base station BS. In this case, the loudspeaker element and the microphone element of the operating unit MMI are replaced by a link to a mobile radio network, for example via a base

Foreign version

station controller BSC or a switching device MSC. The base station BS has an appropriate multiplicity of transmitting and receiving devices, respectively, in order to exchange data simultaneously with a plurality of mobile stations MS.

A received signal sequence $E(l)$, which can also be a signal sequence derived from a received signal, of length W is illustrated in figure 3. In order to calculate a first correlation sum S_0 in accordance with the formula specified at the beginning, elements of a first section of this received signal sequence $E(l)$ are multiplied in pairs by the corresponding elements of the synchronization sequence $K(i)$ of length n , and the length of the resulting partial results is added to the correlation sum S_0 .

In order to calculate a further correlation sum S_1 , as illustrated in the figure, the synchronization sequence $K(i)$ is shifted to the right by one element, and the elements of the synchronization sequence $K(i)$ are multiplied in pairs by the corresponding elements of the signal sequence $E(l)$, and the correlation sum S_1 is formed again by summing the partial results produced.

The pairwise multiplication of the elements of the synchronization sequence by corresponding elements of the received signal sequence, and the subsequent summation can also be described in vector notation as the formation of a scalar product, if the elements of the signal sequence and the elements of the received synchronization sequence are respectively combined to form a vector:

Foreign version

$$S0 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(i) \\ \vdots \\ E(n-1) \end{pmatrix} = K(0) * E(0) + \dots + K(i) * E(i) + \dots + K(n-1) * E(n-1)$$

Foreign version

$$S1 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(i+1) \\ \vdots \\ E(n) \end{pmatrix} = K(0) * E(1) + \dots + K(i) * E(i+1) + \dots + K(n-1) * E(n)$$

In the correlation sums S thus determined, it is possible to search for the maximum and compare the maximum of the correlation sums S with a prescribed threshold value and thus determine whether the prescribed synchronization sequence $K(i)$ is included in the received signal $E(1)$ and if so where it is located in the received signal $E(1)$ and thus two radio stations are synchronized with one another or data are detected on to which an individual spread code has been modulated in the form of a synchronization sequence $K(i)$.

Figure 4 shows an efficient hierarchical correlator for synchronization sequences, Golay sequences X, Y of length n_x and n_y respectively being used as constituent sequences K_1, K_2 . The correlator consists of two series-connected matched filters (figure 4 a) which are respectively formed as efficient Golay correlators. Figure 4 b) shows the matched filter for the sequence X , and figure 4 c) shows the matched filter for the sequence Y .

The following designations apply in figure 4 b):

$n = 1, 2, \dots, NX$
 n_y length of sequence Y
 n_x length of sequence X
 NX with $n_x = 2^{NX}$
 DX_n $DX_n = 2^{PX_n}$
 PX_n permutation of the
 numbers $\{0, 1, 2, \dots, NX-1\}$
 for the partial signal sequence X
 WX_n weights for the partial signal sequence X
 from $(+1, -1, +i$ or $-i)$.

Foreign version

The following designations apply in figure 4 c):

- $n = 1, 2, \dots, NY$
 ny length of sequence Y
 5 NY with $ny = 2^{NY}$
 DY_n $DY_n = 2^{PY_n}$
 PY_n permutation of the
 numbers $\{0, 1, 2, \dots, NY-1\}$
 for the partial signal sequence Y
 10 WY_n weights for the partial signal sequence Y
 from $(+1, -1, +i \text{ or } -i)$.

Definition:

- $a_n(k)$ and $b_n(k)$ are two complex sequences of length 2^N ,
 15 $\delta(k)$ is the Kronecker delta function,
 k is an integer representing time,
 n is the iteration number,
 D_n is the delay,
 P_n , $n = 1, 2, \dots, N$, is an arbitrary permutation
 20 of the numbers $\{0, 1, 2, \dots, N-1\}$,
 W_n can assume the values $+1, -1, +i, -i$ as weights.

The correlation of a Golay sequence of length 2^N can be carried out efficiently as follows:

- 25 The sequences $R_a^{(0)}(k)$ and $R_b^{(0)}(k)$ are defined as
 $R_a^{(0)}(k) = R_b^{(0)}(k) = r(k)$, $r(k)$ being the received signal
 or the output of another correlation stage.

- The following step is executed N times, n running from
 30 1 to N:

Calculate

$$R_a^{(n)}(k) = W_n^* * R_b^{(n-1)}(k) + R_a^{(n-1)}(k - D_n)$$

And

- 35 $R_b^{(n)}(k) = W_n^* * R_b^{(n-1)}(k) + R_a^{(n-1)}(k - D_n)$

In this case, W_n^* designates the complex conjugate of W_n .
If the weights W are real, W_n^* is identical to W_n .

$R_a^{(n)}(k)$ is then the correlation sum to be calculated.

5

An efficient Golay correlator for a synchronization sequence of length 256 (2^8) chips in the receiver generally has $2 \cdot 8 - 1 = 15$ complex adders.

10 With the combination of hierarchical correlation and efficient Golay correlator, a hierarchical code - described by two constituent sequences X and Y - of length 256 ($2^4 \cdot 2^4$) requires only $2 \cdot 4 - 1 + 2 \cdot 4 - 1 = 14$ complex adders (even in the case when use is made of four-
15 valued constituent sequences).

This reduces by 7% the outlay on calculation, which is very high for the primary synchronization in CDMA mobile radio systems, because efficient hierarchical
20 correlators and Golay correlators can be combined. A possible implementation of the overall correlator, an efficient truncated Golay correlator for generalized hierarchical Golay sequences, is shown in figure 5. This is also designated as a truncated Golay
25 correlator, because one of the outputs is truncated in specific stages, and instead of this another output is used as input for the next stage.

The vector D is defined by $D = [128, 16, 64, 32, 8, 4, 1, 2]$ and $W = [1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$. This
30 correlator requires only 13 additions per calculated correlation sum.

By comparison with a sequence having a simple
35 hierarchical or Golay-supported structure, the generalized hierarchical Golay sequence offers

Foreign version

advantages based on more efficient options for
calculating the correlation sum with the aid of this
Golay

Foreign version

sequence. However, simulations exhibit good results with regard to slot synchronization even in the case of relatively high frequency errors.

- 5 The hierarchical Golay sequences are compared below with the two simple methods.

Figure 6 shows firstly an efficient correlator for simple hierarchical sequences, and a simple correlation
10 method for the hierarchical correlation.

The hierarchical correlation consists of two concatenated, matched filter blocks which in each case carry out a standardized correlation via one of the
15 constituent sequences. It is assumed that the correlation via X_1 (16-symbol accumulation) is carried out before the correlation via X_2 (16-chip accumulation). This is one implementation option, because the two matched filter blocks (enclosed in
20 dashed lines in figure 6) are linear systems which can be connected in any desired sequence. $240n$ delay lines with the minimum word length can be implemented in this way since no accumulation is performed in advance and therefore no signal/interference gain is achieved.
25 Here, n designates the oversampling factor, that is to say how many samples are carried out per chip interval.

As already mentioned, one or both of the matched filter blocks can again be replaced by a correlator for a
30 (generalized) hierarchical sequence or by an efficient Golay correlator (EGC).

Figure 7 shows a simple correlation method for the efficient Golay correlator (EGC) for a simple Golay
35 sequence. The design of an efficient hierarchical Golay correlator corresponds to an efficient correlator for

Foreign version

simple hierarchical sequences (see figure 6), with the exception that two adders can be omitted.

Figure 8 now shows an efficient Golay correlator for a
5 generalized hierarchical Golay sequence. The saving of
two adders from 15 adders clearly reduces the
complexity of the method accordingly.

Figure 9 shows simulation results, the slot-
10 synchronization step having been investigated in a
single-path Rayleigh fading channel with 3 km/h for
various chip/noise ratios (CNR) without and with
frequency errors. It is shown that, by comparison with
another synchronization code, designated as S_{new} below,
15 the above-defined synchronization code, designated as
GHG below, is just as well suited in practice with
regard to the slot-synchronization power. Results are
available for the use of averaging with 24 slots. A
secondary synchronization channel, which is based on a
20 random selection from 32 symbols, is transmitted in
common with the primary synchronization channel (PSC).
The graph shows that there is no substantial difference
between the synchronization code S_{new} and the
generalized hierarchical Golay synchronization code GHG
25 for no frequency error and for a frequency error of 10 kHz.

The proposed synchronization sequence GHG has better
autocorrelation properties than S_{old} (dotted curve),
particularly in the case of 10 kHz. The graph shows
30 that the synchronization properties of GHG are thus
optimal with reference to the practical use. S_{old} is a
hierarchical correlation sequence that is not
especially optimized for frequency errors.

35 The use of the generalized hierarchical Golay sequences
for the primary synchronization channel (PSC) thus

Foreign version

reduces the computational complexity at the receiving
end; the

Foreign version

complexity is reduced to only 13 additions by comparison with the conventional sequences of 30 additions and/or by comparison with Golay sequences of 15 additions per output sample.

5

The simulations show that the proposed synchronization sequence GHG have good synchronization properties in the case both of low and of relatively high errors. Because of a lower computational complexity, less
10 specific hardware is required for implementation, and a lower power consumption is achieved.

Patent claims

1. A method for forming a synchronization sequence $y(i)$ of length n , in which the synchronization sequence $y(i)$ is based in accordance with the following relationship on a first constituent sequence x_1 of length n_1 and a second constituent sequence x_2 of length n_2 :
$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ for } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1.$$
2. The method as claimed in claim 1, in which the synchronization sequence $y(i)$ is of length 256, and the constituent sequences x_1 , x_2 are of length 16.
3. The method as claimed in one of the preceding claims, in which at least one of the constituent sequences x_1 or x_2 is a Golay sequence.
4. The method as claimed in claim 3, in which at least one of the two constituent sequences x_1 or x_2 is a Golay sequence which is based on the following parameters:
delay matrix $D^1 = [8, 4, 1, 2]$ and weight matrix $W^1 = [1, -1, 1, 1]$;
or
delay matrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ and weight matrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$.
5. The method as claimed in one of the preceding claims, in which at least one constituent sequence x_1 or x_2 is formed in accordance with the following relationship:
$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), \text{ } i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1;$$

or

$$x_2(i) = x_4(i \bmod s + s^* (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1.$$

6. The method as claimed in claim 5, in which

Foreign version

x_3 and x_4 are identical and are based as Golay sequences of length 4 on the following parameters: delay matrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ and weight matrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$.

5

7. The method as claimed in one of claims 3 to 6, in which a Golay sequence a_N is defined by the following recursive relationship:

10
$$a_0(k) = \delta(k) \text{ and } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

15

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N,$$

20

$\delta(k)$ Kronecker delta function

8. The method as claimed in one of the preceding claims, in which the synchronization sequence $y(i)$ is formed and/or transmitted for the purpose of
25 synchronizing at least two transmission units.

9. The method for determining a prescribed synchronization sequence $y(i)$ which is contained in a received signal sequence $E(l)$ and can be
30 obtained by means of a method as claimed in one of claims 1 to 8, in which correlation sums S of the synchronization sequence $y(i)$ are determined with the aid of corresponding sections of the received signal sequence $E(l)$.

10. The method as claimed in claim 9, in which at least one efficient Golay correlator (EGC) is used to determine at least one correlation sum S .

11. A method for synchronizing a base station (BS) with a mobile station (MS), in which the base station emits a synchronization sequence $y(i)$ which can be obtained by means of a method as
5 claimed in one of claims 1 to 8, and a mobile station receives this synchronization sequence $y(i)$ and processes it for synchronization purposes.
- 10 12. A method for synchronizing a base station (BS) with a mobile station (MS), in which the base station emits a synchronization sequence $y(i)$ which can be obtained by means of a method as
15 claimed in one of claims 1 to 8, and the mobile station determines the synchronization sequence $y(i)$ as claimed in one of claims 9 or 10.
13. A transmitting unit (BS) having means (SPE) for storing a synchronization sequence $y(i)$ which can
20 be obtained by a method as claimed in one of claims 1 to 8, and means for emitting this synchronization sequence $y(i)$ for the purpose of synchronization with a receiving unit (MS).
- 25 14. A transmitting unit (BS) having means (SPE) for storing parameters or constituent sequences for describing a synchronization sequence $y(i)$, means for forming a synchronization sequence $y(i)$ in
30 accordance with a method as claimed in one of claims 1 to 8, and means for emitting this synchronization sequence $y(i)$ for the purpose of synchronization with a receiving unit (MS).
- 15 15. A receiving unit (MS) having means (SPE) for storing a synchronization sequence $y(i)$ which can
35 be obtained by means of a method as claimed in one of claims 1 to 8,

Foreign version

means for receiving a received signal sequence $E(l)$, and means for determining a synchronization sequence $y(i)$.

- 5 16. A receiving unit (MS) having means (SPE) for
storing parameters or constituent sequences for
describing a synchronization sequence $y(i)$ which
can be obtained by means of a method as claimed in
one of claims 1 to 8, means for receiving a
10 received signal sequence $E(l)$, and means for
determining a synchronization sequence $y(i)$.
17. The receiving unit (MS) as claimed in one of
claims 15 to 16, having at least one efficient
15 Golay correlator for determining the
synchronization sequence $y(i)$.
18. The receiving unit (MS) as claimed in one of
claims 15 to 17, having two series-connected
20 matched filters which are designed as efficient
Golay correlators for the purpose of determining
the synchronization sequence $y(i)$.
19. A method for transmitting and/or receiving
25 synchronization sequences, in which the
synchronization sequence is composed from two
constituent sequences, the first constituent
sequence being repeated in accordance with the
number of the elements of the second constituent
30 sequence, all the elements of a specific
repetition of the first constituent sequence being
modulated with the corresponding element of the
second constituent sequences, and the repetitions
of the first constituent sequence being mutually
35 interleaved.

GR 99 P 1869
Foreign version

- 24a -

20. A method for transmitting and/or receiving
synchronization sequences,

Foreign version

in which the synchronization sequence $y(i)$ of length $(n_1 * n_2)$ are composed from two constituent sequences x_1 and x_2 of length n_1 and n_2 in accordance with the formula $y(i) = x_2 (i \bmod s + s*(i \operatorname{div} sn)) * x_1 ((i \operatorname{div} s) \bmod n_1)$, $i = 0, \dots, (n_1 * n_2) - 1$.

21. The method for transmitting and/or receiving synchronization sequences as claimed in one of claims 19 or 20, in which a constituent sequence x_2 is composed from two constituent sequences x_3 of length n_3 and x_4 of length n_4 in accordance with the formula $x_2(i) = x_4(i \bmod s + s*(i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3)$, $i = 0, \dots, (n_3 * n_4) - 1$, or is a Golay sequence.

GR 99 P 1869
Foreign version

Abstract

Method for forming and/or determining a synchronization sequence, a synchronization method, a transmitting unit and a receiving unit

Formation of synchronization sequences which are based on partial signal sequences, the second partial signal sequence being repeated and modulated in the process by the first partial signal sequence.

Figure 1

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTRECHTS

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS
ODER DER ERKLÄRUNG

(Regel 44.1 PCT)

An SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT Postfach 22 16 34 80506 München GERMANY	ZT GG VM Mch P/Ri Eing. 27. Juni 2000 GR Frist
--	--

Absendedatum (Tag/Monat/Jahr)	21/06/2000
----------------------------------	------------

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 99P1869P	WEITERES VORGEHEN siehe Punkte 1 und 4 unten
--	---

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/01263	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 16/02/2000
--	--

Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.
--

1. ☒ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß der internationale Recherchenbericht erstellt wurde und ihm hiermit übermittelt wird.
Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:
 Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts; weitere Einzelheiten sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

Wo sind Änderungen einzureichen?

Unmittelbar beim Internationalen Büro der WISO, S. J. CHEMIN des Colombettes, CH-1211 Genf 20.
 Telefaxnr.: (41-22) 740.14.35

Nähere Hinweise sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

2. ☐ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und daß ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17(2)a) übermittelt wird.

3. ☐ **Hinsichtlich des Widerspruchs** gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, daß

☐ der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit seinem Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungssämter dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.

☐ noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.

4. **Weiteres Vorgehen:** Der Anmelder wird auf folgendes aufmerksam gemacht:

Kurz nach Ablauf von **18 Monaten** seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muß gemäß Regel 90 bis 91 bzw. 90 bis 93 vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingehen.

Innerhalb von **19 Monaten** seit dem Prioritätsdatum ist ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase bis zu 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum (in manchen Ämtern sogar noch länger) verschieben möchte.

Innerhalb von **20 Monaten** seit dem Prioritätsdatum muß der Anmelder die für den Eintritt in die nationale Phase vorgeschriebenen Handlungen vor allen Bestimmungssämtern vornehmen, die nicht innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum in der Anmeldung oder einer nachträglichen Auswahlerklärung ausgewählt wurden oder nicht ausgewählt werden konnten, da für sie Kapitel II des Vertrages nicht verbindlich ist.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Grace Casuga
---	---

Diese Anmerkungen sollen grundlegende Hinweise zur Einreichung von Änderungen gemäß Artikel 19 geben. Diesen Anmerkungen liegen die Erfordernisse des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT), der Ausführungsordnung und der Verwaltungsrichtlinien zu diesem Vertrag zugrunde. Bei Abweichungen zwischen diesen Anmerkungen und obengenannten Texten sind letztere maßgebend. Nähere Einzelheiten sind dem PCT-Leitfaden für Anmelder, einer Veröffentlichung der WIPO, zu entnehmen.

Die in diesen Anmerkungen verwendeten Begriffe "Artikel", "Regel" und "Abschnitt" beziehen sich jeweils auf die Bestimmungen des PCT-Vertrags, der PCT-Ausführungsordnung bzw. der PCT-Verwaltungsrichtlinien.

HINWEISE ZU ÄNDERUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 19

Nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts hat der Anmelder die Möglichkeit, einmal die Ansprüche der internationalen Anmeldung zu ändern. Es ist jedoch zu betonen, daß, da alle Teile der internationalen Anmeldung (Ansprüche, Beschreibung und Zeichnungen) während des internationalen vorläufigen Prüfungsverfahrens geändert werden können, normalerweise keine Notwendigkeit besteht, Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 einzureichen, außer wenn der Anmelder z. B. zum Zwecke eines vorläufigen Schutzes die Veröffentlichung dieser Ansprüche wünscht oder ein anderer Grund für eine Änderung der Ansprüche vor ihrer internationalen Veröffentlichung vorliegt. Weiterhin ist zu beachten, daß ein vorläufiger Schutz nur in einigen Staaten erhältlich ist.

Welche Teile der internationalen Anmeldung können geändert werden?

Im Rahmen von Artikel 19 können nur die Ansprüche geändert werden.

In der internationalen Phase können die Ansprüche auch nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert (oder nochmals geändert) werden. Die Beschreibung und die Zeichnungen können nur nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert werden.

Beim Eintritt in die nationale Phase können alle Teile der internationalen Anmeldung nach Artikel 28 oder gegebenenfalls Artikel 41 geändert werden.

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Innerhalb von zwei Monaten ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts oder innerhalb von sechzehn Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft. Die Änderungen gelten jedoch als rechtzeitig eingereicht, wenn sie dem Internationalen Büro nach Ablauf der maßgebenden Frist, aber noch vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung (Regel 46.1) zugehen.

Wo sind die Änderungen nicht einzureichen?

Die Änderungen können nur beim Internationalen Büro, nicht aber, beim Anmeldeamt oder der internationalen Recherchenbehörde eingereicht werden (Regel 46.2).

Falls ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung eingereicht wurde/wird, siehe unten.

In welcher Form können Änderungen erfolgen?

Eine Änderung kann erfolgen durch Streichung eines oder mehrerer ganzer Ansprüche, durch Hinzufügung eines oder mehrerer neuer Ansprüche oder durch Änderung des Wortlauts eines oder mehrerer Ansprüche in der eingereichten Fassung.

Für jedes Anspruchsblatt, das sich aufgrund einer oder mehrerer Änderungen von dem ursprünglich eingereichten Blatt unterscheidet, ist ein Ersatzblatt einzureichen.

Alle Ansprüche, die auf einem Ersatzblatt erscheinen, sind mit arabischen Ziffern zu numerieren. Wird ein Anspruch gestrichen, so brauchen die anderen Ansprüche nicht neu nummeriert zu werden. Im Fall einer Neunummerierung sind die Ansprüche fortlaufend zu numerieren (Verwaltungsrichtlinien, Abschnitt 205 b)).

Die Änderungen sind in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Welche Unterlagen sind den Änderungen beizufügen?

Begleitschreiben (Abschnitt 205 b)):

Die Änderungen sind mit einem Begleitschreiben einzureichen.

Das Begleitschreiben wird nicht zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht. Es ist nicht zu verwechseln mit der "Erklärung nach Artikel 19(1)" (siehe unten, "Erklärung nach Artikel 19 (1)").

Das Begleitschreiben ist nach Wahl des Anmelders in englischer oder französischer Sprache abzufassen. Bei englischsprachigen internationalen Anmeldungen ist das Begleitschreiben aber ebenfalls in englischer, bei französischsprachigen internationalen Anmeldungen in französischer Sprache abzufassen.

Im Begleitschreiben sind die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen anzugeben. So ist insbesondere zu jedem Anspruch in der internationalen Anmeldung anzugeben (gleichlautende Angaben zu verschiedenen Ansprüchen können zusammengefaßt werden), ob

- i) der Anspruch unverändert ist;
- ii) der Anspruch gestrichen worden ist;
- iii) der Anspruch neu ist;
- iv) der Anspruch einen oder mehrere Ansprüche in der eingereichten Fassung ersetzt;
- v) der Anspruch auf die Teilung eines Anspruchs in der eingereichten Fassung zurückzuführen ist.

Im folgenden sind Beispiele angegeben, wie Änderungen im Begleitschreiben zu erläutern sind:

1. [Wenn anstelle von ursprünglich 48 Ansprüchen nach der Änderung einiger Ansprüche 51 Ansprüche existieren]:
"Die Ansprüche 1 bis 29, 31, 32, 34, 35, 37 bis 48 werden durch geänderte Ansprüche gleicher Numerierung ersetzt; Ansprüche 30, 33 und 36 unverändert; neue Ansprüche 49 bis 51 hinzugefügt."
2. [Wenn anstelle von ursprünglich 15 Ansprüchen nach der Änderung aller Ansprüche 11 Ansprüche existieren]:
"Geänderte Ansprüche 1 bis 11 treten an die Stelle der Ansprüche 1 bis 15."
3. [Wenn ursprünglich 14 Ansprüche existierten und die Änderungen darin bestehen, daß einige Ansprüche gestrichen werden und neue Ansprüche hinzugefügt werden]:
"Ansprüche 1 bis 6 und 14 unverändert; Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt. "Oder" Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt; alle übrigen Ansprüche unverändert."
4. [Wenn verschiedene Arten von Änderungen durchgeführt werden]:
"Ansprüche 1-10 unverändert; Ansprüche 11 bis 13, 18 und 19 gestrichen; Ansprüche 14, 15 und 16 durch geänderten Anspruch 14 ersetzt; Anspruch 17 in geänderte Ansprüche 15, 16 und 17 unterteilt; neue Ansprüche 20 und 21 hinzugefügt."

"Erklärung nach Artikel 19(1)" (Regel 46.4)

Den Änderungen kann eine Erklärung beigelegt werden, mit der die Änderungen erläutert und ihre Auswirkungen auf die Beschreibung und die Zeichnungen dargelegt werden (die nicht nach Artikel 19 (1) geändert werden können).

Die Erklärung wird zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht.

Sie ist in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Sie muß kurz gehalten sein und darf, wenn in englischer Sprache abgefaßt oder ins Englische übersetzt, nicht mehr als 500 Wörter umfassen.

Die Erklärung ist nicht zu verwechseln mit dem Begleitschreiben, das auf die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen hinweist, und ersetzt letzteres nicht. Sie ist auf einem gesonderten Blatt einzureichen und in der Überschrift als solche zu kennzeichnen, vorzugsweise mit den Worten "Erklärung nach Artikel 19 (1)".

Die Erklärung darf keine herabsetzenden Äußerungen über den internationalen Recherchenbericht oder die Bedeutung von in dem Bericht angeführten Veröffentlichungen enthalten. Sie darf auf im internationalen Recherchenbericht angeführte Veröffentlichungen, die sich auf einen bestimmten Anspruch beziehen, nur im Zusammenhang mit einer Änderung dieses Anspruchs Bezug nehmen.

Auswirkungen eines bereits gestellten Antrags auf internationale vorläufige Prüfung

Ist zum Zeitpunkt der Einreichung von Änderungen nach Artikel 19 bereits ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt worden, so sollte der Anmelder in seinem Interesse gleichzeitig mit der Einreichung der Änderungen beim Internationalen Büro auch eine Kopie der Änderungen bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde einreichen (siehe Regel 62.2 a), erster Satz).

Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich der Übersetzung der internationalen Anmeldung beim Eintritt in die nationale Phase

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß bei Eintritt in die nationale Phase möglicherweise anstatt oder zusätzlich zu der Übersetzung der Ansprüche in der eingereichten Fassung eine Übersetzung der nach Artikel 19 geänderten Ansprüche an die bestimmten/ausgewählten Ämter zu übermitteln ist.

Nähere Einzelheiten über die Erfordernisse jedes bestimmten/ausgewählten Amtes sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

PCT

An:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Postfach 22 16 34

80506 München

ALLEMAGNE

CT IPS AM Mch P. Ri

Eing. 07. Aug. 2001

GR

Frist

29.10.01

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNGSBERICHTS

(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum

(Tag/Monat/Jahr)

06.08.2001

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

1999P01869P

WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP00/01263

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)

16/02/2000

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)

29/04/1999

Anmelder

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

*Übersetzung in nationale Phase
und Absprache mit Rat. 4.8.01 dgr*

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt

D-80298 München

Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d

Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Le Nadan, M

Tel. +49 89 2399-2350



INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/01263

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9639749 A	12-12-1996	US 5959980 A	28-09-1999
		US 5802046 A	01-09-1998
		US 5745484 A	28-04-1998
		US 5689502 A	18-11-1997
		AU 6025796 A	24-12-1996
		BR 9608548 A	06-07-1999
		CA 2223321 A	12-12-1996
		CN 1192300 A	02-09-1998
		EP 0873593 A	28-10-1998
		US 5987079 A	16-11-1999
		US 6049538 A	11-04-2000
WO 0014915 A	16-03-2000	AU 1030700 A	27-03-2000

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 99P1869P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5		
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/ 01263	<table border="1"> <tr> <td>Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 16/02/2000</td> <td>(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 29/04/1999</td> </tr> </table>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 16/02/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 29/04/1999
Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 16/02/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 29/04/1999		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.			

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ **Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen** (siehe Feld I).

3. ☐ **Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung** (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 4

☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☒ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

Feld III

WORTLAUT DER ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung von Punkt 5 auf Blatt 1)

Die Zusammenfassung wird wie folgt geändert:

Zeile 4: nach "Signalteilfolgen" ist "((Golay-Folgen))" einzufügen.

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
IPK 7	H04J13/00	H04L7/04 H04B1/707 H04B7/26
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H04J H04L H04B		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 96 39749 A (SCOTT LOGAN; OMNIPOINT CORP (US)) 12. Dezember 1996 (1996-12-12)	1,2,8,9, 11-16, 19,20
Y	Zusammenfassung Seite 7, Zeile 33 -Seite 8, Spalte 5	3,7,10, 17,18
A	Seite 84, Zeile 1 - Zeile 23 ---	4,5,21
Y	SRDJAN BUDISIN: "GOLAY COMPLEMENTARY SEQUENCES ARE SUPERIOR TO PN SEQUENCES" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS ENGINEERING,US,NEW YORK, IEEE, Bd. -, 1992, Seiten 101-104, XP000319401 ISBN: 0-7803-0734-8 Zusammenfassung Teile 1, 6 und 7 --- -/-	3,7,10, 17,18
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14. Juni 2000		21/06/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Chauvet, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	BUDISIN S Z: "NEW COMPLEMENTARY PAIRS OF SEQUENCES" ELECTRONICS LETTERS,GB,IEE STEVENAGE, Bd. 26, Nr. 13, 21. Juni 1990 (1990-06-21), Seiten 881-883, XP000107922 ISSN: 0013-5194 das ganze Dokument ---	3,7,10, 17,18
A	MASKARA S L ET AL: "CONCATENATED SEQUENCES FOR SPREAD SPECTRUM SYSTEMS" IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. AES-17, Nr. 3, Mai 1981 (1981-05), Seiten 342-350, XP000791008 ISSN: 0018-9251 Zusammenfassung Teil II ---	1-21
E	WO 00 14915 A (RAAF BERNHARD; MICHEL JUERGEN (DE); SIEMENS AG (DE)) 16. März 2000 (2000-03-16) das ganze Dokument -----	1,2,9, 11-16, 19,20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/01263

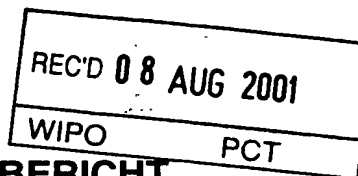
Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9639749	A	12-12-1996	US 5959980	A	28-09-1999
			US 5802046	A	01-09-1998
			US 5745484	A	28-04-1998
			US 5689502	A	18-11-1997
			AU 6025796	A	24-12-1996
			BR 9608548	A	06-07-1999
			CA 2223321	A	12-12-1996
			CN 1192300	A	02-09-1998
			EP 0873593	A	28-10-1998
			US 5987079	A	16-11-1999
			US 6049538	A	11-04-2000
<hr/>					
WO 0014915	A	16-03-2000	AU 1030700	A	27-03-2000
<hr/>					

VERTRAG ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)





Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999P01869P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/01263	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 16/02/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 29/04/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H04J13/00		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 11 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 26 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☒ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☒ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 13/07/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 06.08.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Aullo Navarro, A Tel. Nr. +49 89 2399 2267 

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-21 eingegangen am 12/06/2001 mit Schreiben vom 12/06/2001

Patentansprüche, Nr.:

1-16 eingegangen am 12/06/2001 mit Schreiben vom 12/06/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/7-7/7 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
☐ Ansprüche, Nr.:
☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

III. Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

1. Folgende Teile der Anmeldung wurden nicht daraufhin geprüft, ob die beanspruchte Erfindung als neu, auf erfinderischer Tätigkeit beruhend (nicht offensichtlich) und gewerblich anwendbar anzusehen ist:

- ☐ die gesamte internationale Anmeldung.
☒ Ansprüche Nr. 14-16.

Begründung:

- ☐ Die gesamte internationale Anmeldung, bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. beziehen sich auf den nachstehenden Gegenstand, für den keine internationale vorläufige Prüfung durchgeführt werden braucht (*genaue Angaben*):
- ☒ Die Beschreibung, die Ansprüche oder die Zeichnungen (*machen Sie hierzu nachstehend genaue Angaben*) oder die obengenannten Ansprüche Nr. 14-16 sind so unklar, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (*genaue Angaben*):
siehe Beiblatt
- ☐ Die Ansprüche bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. sind so unzureichend durch die Beschreibung gestützt, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte.
- ☐ Für die obengenannten Ansprüche Nr. wurde kein internationaler Recherchenbericht erstellt.
2. Eine sinnvolle internationale vorläufige Prüfung kann nicht durchgeführt werden, weil das Protokoll der Nukleotid- und/oder Aminosäuresequenzen nicht dem in Anlage C der Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht:
- ☐ Die schriftliche Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.
- ☐ Die computerlesbare Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-13
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-13
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-13
	Nein: Ansprüche	

**2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt**

VI. Bestimmte angeführte Unterlagen

1. Bestimmte veröffentlichte Unterlagen (Regel 70.10)

und / oder

2. Nicht-schriftliche Offenbarungen (Regel 70.9)

siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

III. Keine Erstellung eines Gutachtens:

1. Die unabhängigen Ansprüche 14, 15 und 16 sind so unklar (Artikel 6 PCT), daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (Artikel 34(4)(a)(ii) PCT). Die folgenden Klarheitsprobleme wurden bei diesen Ansprüchen festgestellt:
 - 1.1 Die Ansprüche 14 und 15 entsprechen nicht dem Erfordernis des Artikels 6 PCT in Verbindung mit Regel 6.3 b) PCT, daß jeder unabhängige Anspruch alle technischen Merkmale enthalten muß, die für die Definition der Erfindung wesentlich sind. Dabei fehlen die technischen Merkmale, die gemäß der Beschreibung sowie gemäß den Argumenten der Anmelderin in dem Schreiben vom 12.06.2001 für die Lösung der zugrundeliegenden Aufgabe notwendig sind.
 - 1.2 Da diese wesentlichen Merkmale der Erfindung schon im Anspruch 1 als Verfahren beansprucht werden, sind die Ansprüche aufgrund der redundanten Präsenz von den Ansprüchen 14 bis 16 nicht knapp gefaßt (Artikel 6 PCT). Daher mangelt es den Ansprüchen insgesamt an Klarheit, da es aufgrund der Vielzahl unabhängiger Ansprüche schwierig, wenn nicht unmöglich ist, den Gegenstand des Schutzbegehrens zu ermitteln, und damit Dritten die Feststellung des Schutzzumfangs in unzumutbarer Weise erschwert wird.
 - 1.3 Außerdem führen die Anzahl und die Darstellung von Alternativen durch die Ausdrücke "und/oder" (Ansprüche 14-16) und "oder" (Anspruch 16) in diesen Ansprüchen zu Unklarheiten und Auslegungsschwierigkeiten (Artikel 6 und Regel 6.4(c) PCT, siehe auch PCT Richtlinien III-3.7).
 - 1.4 Zusätzlich präsentiert der abhängige Anspruch 16 das erfindungsgemäße Konzept der Bildung von "verallgemeinerten hierarchischen Folgen" als nur eine mögliche Alternative, was jetzt in Widerspruch mit der Beschreibung sowie mit dem Anspruch 1 steht.

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) PCT:

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: WO 96 39749 A (SCOTT LOGAN; OMNIPOINT CORP (US)) 12. Dezember 1996 (1996-12-12)

D2: SRDJAN BUDISIN: 'GOLAY COMPLEMENTARY SEQUENCES ARE SUPERIOR TO PN SEQUENCES' PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS ENGINEERING, US, NEW YORK, IEEE, Bd. -, 1992, Seiten 101-104, XP000319401 ISBN: 0-7803-0734-8

D3: BUDISIN S Z: 'NEW COMPLEMENTARY PAIRS OF SEQUENCES' ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, Bd. 26, Nr. 13, 21. Juni 1990 (1990-06-21), Seiten 881-883, XP000107922 ISSN: 0013-5194

1. Um eine Beurteilung des Gegenstands der Ansprüche im Hinblick auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit machen zu können, werden in der Folge die Ansprüche so interpretiert, als wären die im Teil VIII dieses Berichts erhobenen Beanstandungen bezüglich der Klarheit durch entsprechende Änderungen überwunden worden. Auf der Basis dieser Interpretation werden folgende Kommentare dargelegt.
2. Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Verfahren (Anspruch 1) zur Synchronisation einer Basisstation mit einer Mobilstation, sowie die Basisstation mit einer Sendeeinheit (Anspruch 10) und die Mobilstation (Anspruch 11) in denen das Verfahren verwendet wird. Dabei stellt sich die **Aufgabe**, die gewünschte Synchronisation zuverlässig und aufwandsgünstig zu ermöglichen.
3. Aus dem Dokument **D1** ist bekannt, eine Synchronisationsfolge ("preamble") zwischen einer folgenbildenden Sendeeinheit ("base station") und einer folgenermittelnden Empfangseinheit ("user station") zu übertragen. Dabei werden zwei Signalteilstrecken unterschiedlicher Länge verwendet ("Barker-4" und "Minimum Peak

Sidelobe-28"). Die resultierende Signalfolge (siehe z.B. Seite 84, Zeilen 1-23) stellt eine Wiederholung einer Signalteilfolge dar, die dabei mit der anderen Signalteilfolge moduliert wird ("the resultant preamble can be thought of as an MPS28 code wherein each "chip" is in actuality a B4 sequence"). Dieses Konzept ("concatenated preambles") entspricht "dem Gedanken" der Bildung von "hierarchischen Folgen", der gemäß der vorliegenden Anmeldung (siehe Beschreibung) als Ausgangspunkt für die Erfindung dient. Die Ermittlung der Signalfolge wird in D1 auf der Basis von Korrelationssummen ("correlation processing") durchgeführt, wobei Teilkorrelationssummenfolgen (mit einem B4-"matched filter") berechnet werden und eine Korrelationssumme auf der Basis der Teilkorrelationssummenfolgen (mit einem MPS28-"matched filter") berechnet wird.

4. Die **Erfindung** liegt darin, daß der Gegenstand des beanspruchten Synchronisationsverfahrens gemäß der Anmeldung sich von der Offenbarung in D1 durch die speziellen technischen Merkmale unterscheidet, daß bei der Verwendung einer hierarchischen Folge als Synchronisationsfolge zumindest eine der beiden konstituierenden Folgen selbst eine hierarchische, aus zwei weiteren Folgen konstituierte Folge ist.

Folglich erfolgt die Bildung zumindest einer der Synchronisationsfolge konstituierenden Folge x_1 bzw. x_2 gemäß folgender Beziehung:

$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3) \quad \text{für } i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1 ;$$

bzw.

$$x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3) \quad \text{für } i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1 ,$$

wo ein Parameter s eingeführt wird, der den Teil der konstituierenden Folge angibt, der als ein zusammenhängendes Stück wiederholt wird.

Die zu bildende hierarchische Synchronisationsfolge $y(i)$ basiert dann auf einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 , gemäß folgender Beziehung :

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \quad \text{für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1 .$$

Dadurch können Synchronisationsfolgen gebildet werden, die, wenn sie in einer Empfangssignalfolge enthalten sind, leicht ermittelt werden können. Derartige Synchronisationsfolgen weisen gute Korrelationseigenschaften auf und ermöglichen eine effiziente Berechnung der Korrelation in einer Mobilstation. Durch diese erfindungsgemäße Erkenntnis wird empfangsseitig eine weitere Verringerung der Komplexität gegenüber D1 erzielt.

5. Obwohl ein Fachmann auf der Suche nach Möglichkeiten, die Leistungsfähigkeit der aus D1 bekannten Technik etwa durch Verringerung der dafür notwendigen Berechnungskomplexität, zu verbessern, theoretisch an eine solche Möglichkeit hätte denken können, ist es unwahrscheinlich, daß er zu dieser Erkenntnis allein anhand der Lehre von D1 ohne Kenntnis des erwünschten Gegenstands der Erfindung im Voraus gekommen wäre, um an die Merkmalskombination des Anspruchs 1 in einer naheliegenden Weise zu gelangen. Folglich kann eine erfinderische Tätigkeit im Gegenstand des Anspruchs 1 anerkannt werden.
6. Dieses Konzept der "verallgemeinerten hierarchischen Folgen", d.h. die Verwendung einer hierarchischen, aus zwei Teilfolgen bestehenden Folge als eine der zwei konstituierenden Teilfolgen für eine hierarchische Folge, ist durch die anderen zitierten Dokumente auch nicht nahegelegt.

Dabei offenbart **D2** die Verwendung von Golaysequenzen als (verbesserten) Alternativen zu PN-Sequenzen (die üblicherweise für "Spread Spectrum"-Übertragungen wie in D1 verwendet werden) vorgeschlagen werden, mit besonderer Betonung auf die guten Korrelationsmerkmale der Golaysequenzen, welche die Bildung und Ermittlung dieser Sequenzen besonders leicht machen.

Darüber hinaus lehrt **D3** die Regeln, die für die rekursive Bildung von Paaren komplementärer Golaysequenzen wesentlich sind. Dabei werden die Sequenzen anhand der Kroneckerschen Deltafunktion sowie Permutationen und Einheitsgrößen generiert.

Die Offenbarung dieser Dokumente entspricht deshalb der Ausführungsform der Erfindung, bei der zumindest einer der konstituierenden Folgen eine Golaysequenz ist.

7. Deshalb ist im Gegenstand des Anspruchs 1 (Verfahren), sowie im Gegenstand der entsprechenden, unabhängigen Ansprüchen 10 (Basisstation mit einer Sendereinheit) und 11 (Mobilstation) eine erfinderische Tätigkeit anerkannt. Dasselbe gilt für die abhängigen Ansprüche 2 bis 9, die auf weitere Ausführungsdetails des Verfahrens gemäß dem Anspruch 1 gerichtet sind.

Die vorliegende Anmeldung erfüllt somit die Erfordernisse des Artikels 33(1) PCT.

VI. Bestimmte veröffentlichte Unterlagen (Regel 70.10 PCT):

Anmelde Nr. Patent Nr.	Veröffentlichungsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)
WO-A-00 14915	16.03.00	02.09.99	19.02.99

1. Selbst wenn die Priorität der vorliegenden Anmeldung unzweifelhaft gültig ist, sollte die Relevanz der obengenannten Entgegenhaltung für die Prüfung in der regionalen/nationalen Phase berücksichtigt werden, damit gewisse Aspekte (wie z.B. Neuheit) bezüglich besonderer Erfordernisse (z.B. Artikel 54(3) EPÜ) in wenigstens manchen der benannten Staaten abgewogen werden können (z.B. in den benannten Staaten, welche auch in der obengenannten Patentanmeldung als Mitgliedstaaten des Europäischen Patentübereinkommens benannt wurden).

VII. Bestimmte Mängel:

1. Die aus D1 in Verbindung miteinander bekannten Merkmale (Anspruch 1: Seite 22, Zeilen 3-10; Anspruch 10: Seite 24, Zeilen 10-15; Anspruch 11: Seite 24, Zeile 29 bis Seite 25, Zeile 1) hätten in den Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche 1, 10 und 11 aufgenommen werden sollen (Regel 6.3(b) PCT).
 2. Um die Erfordernisse der Regel 5.1(a)(ii) PCT zu erfüllen, wäre neben den Dokumenten D1 und D2 auch das Dokument D3 in der Beschreibung zu nennen gewesen; zusätzlich zu ihrer Nennung hätte der in diesen drei Dokumenten enthaltene einschlägige, für die vorliegende Anmeldung relevante Stand der Technik kurz umrissen werden sollen (Regel 5.1(a)(iii) PCT und PCT Richtlinien II-4.6).
-

VIII. Bestimmte Bemerkungen:

1. Die unabhängigen Ansprüche 1 und 11 entsprechen nicht dem Erfordernis des Artikels 6 PCT in Verbindung mit Regel 6.3 b) PCT, daß jeder unabhängige Anspruch alle technischen Merkmale enthalten muß, die für die Definition der Erfindung wesentlich sind.
 - 1.1 Aus der Beschreibung (z.B. aus Seite 3, Zeilen 23-25 und Zeilen 27-30) geht hervor, daß für die Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge enthaltenen, erfindungsgemäß gebildeten Synchronisationsfolge die Berechnung von Korrelationssummen der Synchronisationsfolge mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge erforderlich ist.
 - 1.2 Aus diesen Gründen hätten auch die entsprechenden, für die Ermittlung derartiger Synchronisationsfolgen notwendigen Merkmale bezüglich der Berechnung von Korrelationssummen gemäß den Ansprüchen 7 und 8 in dem Anspruch 1 aufgenommen werden sollen. Entsprechende Merkmale in der Kategorie Vorrichtung hätten ebenfalls in den unabhängigen Anspruch 11 aufgenommen werden sollen, um die beanspruchte Mobilstation und ihre wesentliche Ermittlungsfunktion zu definieren.

- 1.3 Die Ansprüche 1 und 11 wären daher so zu ändern gewesen, daß sie jeweils die Erfindung zusätzlich durch die obigen Merkmale bezüglich der Ermittlung einer Signalfolge vollständig definiert hätten.

2. Zusätzlich hätten die Ansprüche auch überarbeitet werden sollten, um die Präsenz von nicht-limitierenden Merkmalen zu vermeiden und den Schutzzumfang ohne Zweifel erkennen zu lassen (Artikel 6 PCT und PCT Richtlinien III-4.1). Daher hätten Ausdrücke, die als optionale Merkmale formuliert sind (z.B. Ausdrücke wie z.B. "bildbar ist") und deshalb den Schutzzumfang nicht genau erkennen lassen, durch präzisere Ausdrücke (d.h., limitierende Ausdrücke wie z.B. "gebildet wird") ersetzt werden sollen.

3. Um die Einheitlichkeit der Terminologie zu halten (Regel 10.2 PCT) und den Zusammenhang zwischen den Ansprüchen klarzustellen (Artikel 6 PCT), hätte der Anspruch 10 auf eine Basisstation (statt auf eine Sendeeinheit) gerichtet werden sollen.

Beschreibung

Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation mit einer Mobilstation, Basisstation und Mobilstation

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation mit einer Mobilstation, eine Basisstation und eine Mobilstation.

- 10 Bei Signalübertragungssystemen, wie beispielsweise Mobilfunksystemen, ist es erforderlich, daß einer der Kommunikationspartner (erste Übertragungseinheit) bestimmte festgelegte Signale erkennt, die von einem anderen Kommunikationspartner (zweite Übertragungseinheit) ausgesandt werden. Dabei kann es
- 15 sich beispielsweise um sogenannte Synchronisations-Bursts (Synchronisations-Funkblöcke) zur Synchronisation zweier Synchronisationspartner, wie beispielsweise Funkstationen, oder um sogenannte Access-Bursts handeln.
- 20 Um derartige Empfangssignale gegenüber dem Umgebungsrauschen zuverlässig zu erfassen bzw. zu identifizieren, ist es bekannt, das Empfangssignal fortlaufend über eine festgelegte Zeitdauer mit einer vorgegebenen Synchronisationsfolge zu korrelieren und die Korrelationssumme über die Zeitdauer der
- 25 vorgegebenen Synchronisationsfolge zu bilden. Der Bereich des Empfangssignals, der eine maximale Korrelationssumme ergibt, entspricht dem gesuchten Signal. Dem Synchronisationssignal von der Basisstation eines digitalen Mobilfunksystems ist beispielsweise eine Synchronisationsfolge als sogenannte
- 30 Trainingssequenz vorgeschaltet, die auf die eben beschriebene Weise in der Mobilstation durch Korrelation mit der abgespeicherten Synchronisationsfolge erfaßt oder ermittelt wird. So können die Mobilstationen mit der Basisstation synchronisiert werden.

35

2

Auch in der Basisstation sind derartige Korrelationsberechnungen beispielsweise bei der Random-Access-Channel (RACH)-Detektion erforderlich. Außerdem wird eine Korrelationsberechnung auch zur Bestimmung der Kanalimpulsantwort und der
5 Signallaufzeiten empfangener Signalbursts durchgeführt.

Die Korrelationssumme wird dabei wie folgt berechnet:

$$S_m = \sum_{i=0}^{n-1} E(i+m) * K(i)$$

10

wobei $E(i)$ eine aus dem Empfangssignal abgeleitete Empfangssignalfolge und $K(i)$ die vorgegebene Synchronisationsfolge ist, wobei i von 0 bis $n-1$ läuft. Die Korrelationssumme S_m wird aufeinanderfolgend für mehrere zeitlich versetzte, aus
15 dem Empfangssignal gewonnene Signalfolgen $E(i)$ berechnet, und dann der maximale Wert von S_m bestimmt. Sollen k aufeinanderfolgende Korrelationssummen berechnet werden, so beträgt der Berechnungsaufwand $k * n$ Operationen, wobei eine Multiplikation und Addition zusammen als eine Operation gezählt wird.

20

Die Berechnung der Korrelationssummen ist daher sehr aufwendig und erfordert, insbesondere bei Real-Time-Anwendungen wie Sprachkommunikation oder Bildtelefonie oder in CDMA-Systemen, leistungsfähige und daher teure Prozessoren, die bei der Be-
25 rechnung einen hohen Stromverbrauch aufweisen. Beispielsweise ist zur Synchronisation des sich in der Standardisierung befindlichen UMTS-Mobilfunksystems eine bekannte Synchronisationsfolge der Länge 256 Chips (bei CDMA wird ein übertragenes Bit auch Chip genannt) zu ermitteln. Die Folge wird alle 2560
30 Chips wiederholt. Da die Mobilstation anfangs asynchron zum Chiptakt arbeitet, muß das Empfangssignal überabgetastet werden, um auch bei ungünstiger Abtastlage noch ein ausreichen-

3

des Signal zu erhalten. Dies führt aufgrund der Abtastung der I- und Q-Komponente zu $256 \cdot 2560 \cdot 2 \cdot 2 = 2621440$ Operationen.

5 Aus der WO 96 39749 A ist es bekannt, eine Synchronisationsfolge zu übertragen, wobei ein chip der Folge selbst eine Folge ist.

10 Aus "Srdjan Budisin: Golay Complementary Sequences are Superior to PN Sequences, Proceedings of the International Conference on Systems Engineering, US, New York, IEEE, Bd.-, 1992, Seiten 101-104, XP 000319401 ISBN: 0-7803-0734-8" ist es bekannt, als Alternative zu PN-Folgen Golaysequenzen zu verwenden.

15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation mit einer Mobilstation, eine Basisstation und eine Mobilstation anzugeben, die eine zuverlässige und aufwandsgünstige Synchronisation einer Basisstation mit einer Mobilstation ermöglichen.

20

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

25 Die Erfindung beruht dabei zunächst auf dem Gedanken, eine sogenannte "hierarchische Folge", insbesondere hierarchische Synchronisationsfolge $y(i)$, zu bilden, welche gemäß folgender Beziehung auf einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge
30 n_2 basiert:

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1.$$

35 Dieses Konstruktionsprinzip einer hierarchischen Synchronisationsfolge sieht eine Wiederholung einer konstituierenden

4

Folge in ihrer vollen Länge vor, wobei die Wiederholungen mit dem Wert des entsprechenden Elements der zweiten konstituierenden Folge moduliert wird. Dadurch können Synchronisationsfolgen gebildet werden, die, wenn sie in einer Empfangssignalfolge enthalten sind, leicht ermittelt werden können. Derartige Synchronisationsfolgen weisen gute Korrelationseigenschaften auf und ermöglichen eine effiziente Berechnung der Korrelation in einer Mobilstation. Dies konnte durch aufwendige eigens für diesen Zweck geschaffene Simulationswerkzeuge gezeigt werden.

Ferner basiert die Erfindung auf der Erkenntnis, daß bei der Verwendung einer hierarchischen Folge als Synchronisationsfolge, die auf zwei konstituierenden Folgen basiert, empfangsseitig eine weitere Verringerung der Komplexität erzielbar ist, wenn es sich bei zumindest einer konstituierenden Folge selbst um eine hierarchische Folge handelt.

Hierbei ist vorgesehen, daß nur eine Wiederholung der ersten Hälfte (oder eines anderen Teils) der ersten konstituierenden Folge durchgeführt wird, worauf die zweite Hälfte und ihre Wiederholungen folgen. Die Wiederholungen werden wieder mit dem Wert des entsprechenden Elements der zweiten konstituierenden Folge moduliert. Es wird ein Parameter s eingeführt, der den Teil der konstituierenden Folge angibt, der als ein zusammenhängendes Stück wiederholt wird. Die diesen weitergebildeten verallgemeinerten Ansatz zur Bildung "verallgemeinerter hierarchischer Folgen" beschreibende Formel lautet:

$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s \cdot (i \operatorname{div} n_3)) \cdot x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), \text{ für } i = 0 \dots n_3 \cdot n_4 - 1$$

Für $s=n_4$ ist diese Beziehung zur Beschreibung "verallgemeinerter hierarchischer Folgen" äquivalent zur oben erläuterten

Beziehung zur Bildung "hierarchischer Synchronisationsfolgen".

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung werden "konstituierende Folgen" auch als "Signalteilstfolgen", als K_1 bzw. K_2 oder als x_1 bzw. x_2 oder als x_2 bzw. x_2 bezeichnet; "Synchronisationsfolgen" oder "Synchronisationscodes" werden auch als " $y(i)$ " oder " $K(i)$ " bezeichnet. Unter "Ermittlung einer Synchronisationsfolge" versteht man natürlich auch die Ermittlung der zeitlichen Lage einer Synchronisationsfolge. Unter "Empfangssignalfolge" versteht man auch eine Signalfolge, die beispielsweise durch eine Demodulation, Filterung, Derotation, Skalierung oder Analog-/Digitalwandlung aus einem empfangenen Signal abgeleitet wurde.

15

Eine Weiterbildung der Erfindung basiert auf der Erkenntnis, daß bei der Verwendung einer hierarchischen Folge als Synchronisationsfolge, die auf zwei konstituierenden Folgen basiert, wobei es sich bei zumindest einer konstituierenden Folge um eine Golayfolge handelt, empfangsseitig eine weitere Verringerung der Komplexität erzielbar ist.

20

Durch aufwendige Simulationen konnten Parameter zur Beschreibung von Golayfolgen, welche sich als konstituierende Folgen besonders gut eignen, gefunden werden.

25

Spezielle Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, zur Bildung einer hierarchischen 256-Chip-Folge, insbesondere einer Synchronisationsfolge, konstituierende Folgen der Länge 16 zu verwenden, wobei es sich bei einer ersten konstituierenden Folge um eine Golayfolge handelt und bei einer zweiten konstituierenden Folge um eine verallgemeinerte hierarchische Folge handelt, deren konstituierende Folgen auf zwei Golayfolgen (der Länge 4) basieren.

35

6

Beispielsweise wird x_2 als die Golayfolge der Länge 16 definiert, die durch die Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$ gewonnen wird. x_1 ist eine verallgemeinerte hierarchische Folge, wobei $s=2$ ist und die beiden Golayfolgen x_3 und x_4 als konstituierende Folgen verwendet werden. x_3 und x_4 sind identisch und als Golayfolgen der Länge 4 definiert, die durch die Delaymatrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$ beschrieben werden.

10

Eine Golayfolge a_n , auch als Golaysequenz oder Golay Complementary Sequence bezeichnet, ist dabei durch folgende Beziehung bildbar:

$$15 \quad a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

20

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

25

$\delta(k)$ Kroneckersche Deltafunktion

D Delaymatrix

W Gewichtsmatrix

30

Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele näher beschrieben, zu deren Erläuterung die nachfolgend aufgelisteten Figuren dienen:

7

Figur 1 schematische Darstellung eines Mobilfunknetzes;

Figur 2 Blockschaltbild einer Funkstation;

5 Figur 3 herkömmliches Verfahren zur Berechnung von Korrelationssummen;

Figuren 4, 5, 6, 7 und 8

Blockschaltbilder effizienter Golay-Korrelatoren;

10

Figur 9 Diagramm mit Simulationsergebnissen.

In Figur 1 ist ein zellulares Mobilfunknetz, wie beispielsweise das GSM (Global System for Mobile Communication)-System
15 dargestellt, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind, bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN/ISDN herstellen. Ferner sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden, der auch durch
20 ein Datenverarbeitungssystem gebildet sein kann. Eine ähnliche Architektur findet sich auch in einem UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

Jeder Basisstationscontroller BSC ist wiederum mit zumindest
25 einer Basisstation BS verbunden. Eine solche Basisstation BS ist eine Funkstation, die über eine Funkschnittstelle eine Funkverbindung zu anderen Funkstationen, sogenannten Mobilstationen MS aufbauen kann. Zwischen den Mobilstationen MS und der diesen Mobilstationen MS zugeordneten Basisstation BS
30 können mittels Funksignalen Informationen innerhalb von Funkkanälen f die innerhalb von Frequenzbändern b liegen, übertragen werden. Die Reichweite der Funksignale einer Basisstation definieren im wesentlichen eine Funkzelle FZ.

Basisstationen BS und ein Basisstationscontroller BSC können zu einem Basisstationssystem BSS zusammengefaßt werden. Das Basisstationssystem BSS ist dabei auch für die Funkkanalverwaltung bzw. -zuteilung, die Datenratenanpaßung, die Überwachung der Funkübertragungsstrecke, Hand-Over-Prozeduren, und im Falle eines CDMA-Systems für die Zuteilung der zu verwendenden Spreizcodesets, zuständig und übermittelt die dazu nötigen Signalisierungsinformationen zu den Mobilstationen MS.

- 10 Im Falle eines Duplex-Systems können bei FDD (Frequency Division Duplex)-Systemen, wie dem GSM-System, für den Uplink u (Mobilstation (Sendeeinheit) zur Basisstation (Empfangseinheit)) andere Frequenzbänder vorgesehen sein als für den Downlink d (Basisstation (Sendeeinheit) zur Mobilstation (Empfangseinheit)). Innerhalb der unterschiedlichen Frequenzbänder b können durch ein FDMA (Frequency Division Multiple Access) Verfahren mehrere Frequenzkanäle f realisiert werden.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung versteht man unter Übertragungseinheit auch Kommunikationseinheit, Sendeeinheit, Empfangseinheit, Kommunikationsendgerät, Funkstation, Mobilstation oder Basisstation. Im Rahmen dieser Anmeldung verwendete Begriffe und Beispiele beziehen sich auch oft auf ein GSM-Mobilfunksystem; sie sind jedoch keineswegs darauf beschränkt, sondern können anhand der Beschreibung von einem Fachmann auch leicht auf andere, gegebenenfalls zukünftige, Mobilfunksysteme, wie CDMA-Systeme, insbesondere Wide-Band-CDMA-Systeme abgebildet werden.

- 30 Mittels Vielfachzugriffsverfahren können Daten über eine Funkschnittstelle effizient übertragen, separiert und einer oder mehreren bestimmten Verbindungen bzw. dem entsprechenden Teilnehmer zugeteilt werden. Dazu kann ein Zeitvielfachzugriff TDMA, ein Frequenzvielfachzugriff FDMA, ein Codeviel-

fachzugriff CDMA oder eine Kombination aus mehreren dieser Vielfachzugriffsverfahren eingesetzt werden.

5 Beim FDMA wird das Frequenzband b in mehrere Frequenzkanäle f zerlegt; diese Frequenzkanäle werden durch den Zeitvielfachzugriff TDMA in Zeitschlitz t_s aufgeteilt. Die innerhalb eines Zeitschlitzes t_s und eines Frequenzkanals f übertragenen Signale können durch verbindungsindividuelle den Daten aufmodulierte Spreizcodes, sogenannte CDMA-Codes c_c separiert werden.
10

Die so entstehenden physikalischen Kanäle werden nach einem festgelegten Schema logischen Kanälen zugeordnet. Bei den logischen Kanälen unterscheidet man grundsätzlich zwei Arten:
15 Signalisierungskanäle (bzw. Steuerkanäle) zur Übertragung von Signalisierungsinformationen (bzw. Steuerinformationen) und Verkehrskanäle (Traffic Channel TCH) zur Übertragung von Nutzdaten.

Die Signalisierungskanäle werden weiter unterteilt in:

- 20 - Broadcast Channels
- Common Control Channels
- Dedicated/Access Control Channel DCCH/ACCH

Zu der Gruppe der Broadcast Channels gehören der Broadcast Control Channel BCCH, durch den die MS funktechnische Informationen vom Basisstationssystem BSS erhält, der Frequency Correction Channel FCCH und der Synchronization Channel SCH.
25 Zu den Common Control Channels gehört der Random Access Channel RACH. Die zur Realisierung dieser logischen Kanäle übertragenen Funkblöcke oder Signalfolgen können dabei für unterschiedliche Zwecke Synchronisationsfolgen $K(i)$ sog. Korrelationsfolgen enthalten, bzw. auf diesen logischen Kanälen können für unterschiedliche Zwecke Synchronisationsfolgen $K(i)$
30 übertragen werden.

10

Im folgenden wird beispielhaft ein Verfahren zur Synchronisation einer Mobilstation MS mit einer Basisstation BS erläutert: Während eines ersten Schritts der anfänglichen Basisstationssuche oder Zellsuche (initial cell search procedure) verwendet die Mobilstation den primären Synchronisationskanal (primary synchronisation channel SCH (PSC)), um eine Zeitschlitzsynchronisation mit der stärksten Basisstation zu erreichen. Dies kann durch einen angepaßten Filter (matched filter) oder eine entsprechende Schaltung gewährleistet werden, der an den primären Synchronisationscode cp (Synchronisationsfolge), der von allen Basisstationen ausgesendet wird, angepaßt ist. Dabei wird von allen Basisstationen BS der gleiche primäre Synchronisationscode cp der Länge 256 ausgesendet.

15

Die Mobilstation ermittelt mittels Korrelation aus einer Empfangsfolge die empfangenen Synchronisationsfolgen $K(i)$. Dabei werden am Ausgang eines angepaßten Filters (matched Filter) für jede empfangene Synchronisationsfolge jeder sich innerhalb des Empfangsbereichs der Mobilstation befindlichen Basisstation Peaks ausgegeben. Die Detektion der Position des stärksten Peaks ermöglicht die Ermittlung des Timings der stärksten Basisstation modulo der Schlitzlänge. Um eine größere Verlässlichkeit zu gewährleisten, kann der Ausgang des angepaßten Filters über die Anzahl der Zeitschlitzze nichtkohärent akkumuliert werden. Die Mobilstation führt also eine Korrelation über eine Synchronisationsfolge der Länge 256 Chips als Matched-Filter-Operation durch.

30 Der Synchronisationscode cp kann dabei entsprechend einer hierarchischen Synchronisationsfolge $K(i)$ bzw. $y(i)$ nach folgenden Beziehungen aus zwei konstituierenden Folgen x_1 und x_2 der Länge n_1 bzw. n_2 gebildet sein:

35 $y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2)$ für $i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$

Die konstituierenden Folgen x_1 und x_2 haben die Länge 16
(d.h. $n_1 = n_2 = 16$) und sind durch folgende Beziehungen definiert:

5

$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s \cdot (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), \quad i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$$

x_1 ist also eine verallgemeinerte hierarchische Folge unter
10 Verwendung der obigen Formel, wobei $s=2$ gewählt wird und die beiden Golayfolgen x_3 und x_4 als konstituierende Folgen verwendet werden.

x_2 wird als die Golayfolge der Länge 16 definiert, die durch
15 die Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$ gewonnen wird.

x_3 und x_4 sind identische Golayfolgen der Länge 4 ($N = 2$),
die durch die Delaymatrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$ definiert sind.
20

Die Golayfolgen werden unter Verwendung der folgenden rekursiven Beziehung definiert:

25

$$a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n),$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n),$$

30

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

12

a_N definiert dann die gewünschte Golayfolge.

Figur 2 zeigt eine Funkstation, die eine Mobilstation MS sein kann, bestehend aus einer Bedieneinheit oder Interface-

5 Einheit MMI, einer Steuereinrichtung STE, einer Verarbeitungseinrichtung VE, einer Stromversorgungseinrichtung SVE, einer Empfangseinrichtung EE und ggf. einer Sendeeinrichtung SE.

10 Die Steuereinrichtung STE besteht im wesentlichen aus einem programmgesteuerten Mikrocontroller MC, der schreibend und lesend auf Speicherbausteine SPE zugreifen kann. Der Microcontroller MC steuert und kontrolliert alle wesentlichen Elemente und Funktionen der Funkstation.

15

Die Verarbeitungseinrichtung VE kann auch durch einen digitalen Signalprozessor DSP gebildet sein, der ebenfalls auf Speicherbausteine SPE zugreifen kann. Durch die Verarbeitungseinrichtung VE können auch Additions- und Multiplikationsmittel realisiert sein.

20

Der Mikrocontroller MC und/oder der digitalen Signalprozessor DSP und/oder Speichereinrichtungen SPE und/oder weitere einem Fachmann als solche bekannte Rechenelemente können dabei zu
25 einer Proessoreinrichtung zusammengefaßt werden, welche derart eingerichtet ist, daß die Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 12 durchgeführt werden können.

In den flüchtigen oder nicht flüchtigen Speicherbausteinen
30 SPE sind die Programmdaten, die zur Steuerung der Funkstation und des Kommunikationsablaufs, insbesondere auch der Signalisierungsprozeduren, benötigt werden und während der Verarbeitung von Signalen entstehende Informationen gespeichert. Außerdem können darin Synchronisationsfolgen $K(i)$, die zu Korrelationszwecken verwendet werden, und Zwischenergebnisse von
35

- Korrelationssummenberechnungen gespeichert werden. Die im Rahmen der Erfindung liegenden Synchronisationsfolgen $K(i)$ können also in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sein. Es ist auch möglich, daß ein oder mehrere
- 5 Parameter zur Definition von Synchronisationsfolgen oder daraus abgeleitete Signalteilfolgen oder Signalteilfolgenpaare $(K1(j); K2(k))$ in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sind. Es ist auch möglich, daß in der Mobilstation und/oder der Basisstation eine Synchronisationsfolge
- 10 $K(i)$ aus einem Signalteilfolgenpaar $(K1(j); K2(k))$ und/oder einem oder mehreren Parametern zur Definition von Synchronisationsfolgen oder daraus abgeleiteten Signalteilfolgen gebildet wird.
- 15 Insbesondere kann in einer Basisstation oder in allen Basisstationen eines Systems eine Synchronisationsfolge $K(i)$ abgespeichert sein, die in festen oder variablen Abständen zu Synchronisationszwecken ausgesendet wird. In der Mobilstation MS sind konstituierende Folgen (Signalteilfolgen) oder Para-
- 20 meter, aus welchen die in der Basisstation abgespeicherte Synchronisationsfolge $K(i)$ bildbar ist oder gebildet werden kann, abgespeichert und werden zur Synchronisation der Mobilstation mit einer Basisstation zur rechenaufwandsgünstigen Korrelationssummenberechnung herangezogen.
- 25 Die Speicherung der Synchronisationsfolgen bzw. der Signalteilfolgen oder Parameter kann auch durch eine Speicherung entsprechender Informationen in beliebig codierter Form erfolgen und durch Mittel zur Speicherung, wie beispielsweise
- 30 flüchtige und/oder nichtflüchtige Speichereinbausteine oder durch entsprechend konfigurierte Addierer- oder Multiplizierereingänge oder entsprechende gleichwirkende Hardwareausgestaltungen realisiert sein.

Der Hochfrequenzteil HF besteht ggf. aus der Sendeeinrichtung SE, mit einem Modulator und einem Verstärker V und einer Empfangseinrichtung EE mit einem Demodulator und ebenfalls einem Verstärker. Durch Analog/Digitalwandlung werden die analogen Audiosignale und die analogen von der Empfangseinrichtung EE stammenden Signale in digitale Signale gewandelt und vom digitalen Signalprozessor DSP verarbeitet. Nach der Verarbeitung werden ggf. die digitalen Signale durch Digital/Analogwandlung in analoge Audiosignale oder andere Ausgangssignale und analoge der Sendeeinrichtung SE zuzuführende Signale gewandelt. Dazu wird gegebenenfalls eine Modulation bzw. Demodulation durchgeführt.

Der Sendeeinrichtung SE und der Empfangseinrichtung EE wird über den Synthesizer SYN die Frequenz eines spannungsgeregelten Oszillators VCO zugeführt. Mittels des spannungsgesteuerten Oszillators VCO kann auch der Systemtakt zur Taktung von Prozessoreinrichtungen der Funkstation erzeugt werden.

Zum Empfang und zum Senden von Signalen über die Luftschnittstelle eines Mobilfunksystems ist eine Antenneneinrichtung ANT vorgesehen. Bei einigen bekannten Mobilfunksystemen, wie dem GSM (Global System for Mobile Communication) werden die Signale zeitlich gepulst in sogenannten bursts empfangen und gesendet.

Bei der Funkstation kann es sich auch um eine Basisstation BS handeln. In diesem Fall wird das Lautsprecherelement und das Mikrophonelement der Bedieneinheit MMI durch eine Verbindung zu einem Mobilfunknetz, beispielsweise über einen Basisstationscontroller BSC bzw. eine Vermittlungseinrichtung MSC ersetzt. Um gleichzeitig Daten mit mehreren Mobilstationen MS auszutauschen, verfügt die Basisstation BS über eine entsprechende Vielzahl von Sende- bzw. Empfangseinrichtungen.

35

15

In Figur 3 ist eine Empfangssignalfolge $E(l)$, bei der es sich auch um ein von einem Empfangssignal abgeleitete Signalfolge handeln kann, der Länge w dargestellt. Zur Berechnung einer ersten Korrelationssumme S_0 entsprechend eingangs angegebener Formel werden Elemente eines ersten Abschnitts dieser Empfangssignalfolge $E(l)$ paarweise mit den entsprechenden Elementen der Synchronisationsfolge $K(i)$ der Länge n multipliziert, und die Länge der resultierenden Teilergebnisse zur Korrelationssumme S_0 aufaddiert.

10

Zur Berechnung einer weiteren Korrelationssumme S_1 wird die Synchronisationsfolge $K(i)$ wie in der Figur bildlich dargestellt um ein Element nach rechts verschoben und die Elemente der Synchronisationsfolge $K(i)$ mit den entsprechenden Elementen der Signalfolge $E(l)$ paarweise multipliziert, und durch eine Summation der entstehenden Teilergebnisse wieder die Korrelationssumme S_1 gebildet.

15

Die paarweise Multiplikation der Elemente der Synchronisationsfolge mit entsprechenden Elementen der Empfangssignalfolge und die anschließende Summation kann auch in Vektorschreibweise als die Bildung eines Skalarproduktes beschrieben werden, sofern man jeweils die Elemente der Synchronisationsfolge und die Elemente der Empfangssignalfolge zu einem Vektor zusammenfaßt:

25

$$S_0 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(i) \\ \vdots \\ E(n-1) \end{pmatrix} = K(0) * E(0) + \dots + K(i) * E(i) + \dots + K(n-1) * E(n-1)$$

$$S1 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(i+1) \\ \vdots \\ E(n) \end{pmatrix} = K(0) * E(1) + \dots + K(i) * E(i+1) + \dots + K(n-1) * E(n)$$

In den so ermittelten Korrelationssummen S kann das Maximum gesucht werden, das Maximum der Korrelationssummen S mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen werden, und so ermittelt werden, ob in dem Empfangssignal E(1) die vorgegebene Synchronisationsfolge K(i) enthalten ist und wenn ja, wo im Empfangssignal E(1) sie sich befindet, und so zwei Funkstationen miteinander synchronisiert werden bzw. Daten, denen ein individueller Spreizcode in Form einer Synchronisationsfolge K(i) aufmoduliert wurde, detektiert werden.

Figur 4 zeigt einen effizienten hierarchischen Korrelator für Synchronisationsfolgen, wobei als konstituierende Folgen K1, K2 Golayfolgen X, Y der Länge nx bzw. ny verwendet werden. Der Korrelator besteht aus zwei hintereinander geschalteten Matched Filtern (Figur 4 a), die jeweils als Efficient-Golay-Korrelatoren gebildet sind. Figur 4 b) zeigt den Matched Filter für die Folge X und Figur 4 c) zeigt den Matched Filter für die Folge Y.

In Figur 4 b) gelten folgende Bezeichnungen:

- n = 1, 2, ...NX
- ny Länge der Folge Y
- nx Länge der Folge X
- NX mit nx=2^{NX}
- DX_n DX_n = 2^{PX_n}
- PX_n Permutation der Zahlen {0, 1, 2, ..., NX-1} für die Signalteilfolge X

17

WX_n Gewichte für die Signalteilfolge X
aus (+1, -1, +i oder -i).

In Figur 4 c) gelten folgende Bezeichnungen:

5

$n = 1, 2, \dots, NY$

ny Länge der Folge Y

NY mit $ny=2^{NY}$

DY_n $DY_n = 2^{PY_n}$

10

PY_n Permutation der

Zahlen $\{0, 1, 2, \dots, NY-1\}$

für die Signalteilfolge Y

WY_n Gewichte für die Signalteilfolge Y
aus (+1, -1, +i oder -i).

15

Außerdem gelten in diesen Ausführungsvarianten folgende Definitionen und Bezeichnungen:

$a_n(k)$ und $b_n(k)$ sind zwei komplexe Folgen der Länge 2^N ,

$\delta(k)$ ist die Kronecker Delta-Funktion,

20

k ist eine die Zeit repräsentierende ganze Zahl,

n ist die Iterationsnummer,

D_n ist die Verzögerung,

P_n , $n = 1, 2, \dots, N$, ist eine beliebige Permutation der
Zahlen $\{0, 1, 2, \dots, N-1\}$,

25

W_n können als Gewichte die Werte +1, -1, +i, -i annehmen.

Die Korrelation einer Golaysequenz der Länge 2^N kann folgendermaßen effizient durchgeführt werden:

Man definiert die Folgen $R_a^{(0)}(k)$ und $R_b^{(0)}(k)$ als $R_a^{(0)}(k) =$

30

$R_b^{(0)}(k) = r(k)$, wobei $r(k)$ das Empfangssignal oder die Ausgabe einer anderen Korrelationsstufe ist.

Folgender Schritt wird N mal ausgeführt, wobei n von 1 bis N läuft:

Berechne

$$R_a^{(n)}(k) = W_n^* * R_b^{(n-1)}(k) + R_a^{(n-1)}(k - D_n)$$

Und

5 $R_b^{(n)}(k) = W_n^* * R_b^{(n-1)}(k) - R_a^{(n-1)}(k - D_n)$

Dabei bezeichnet W_n^* das konjugiert komplexe zu W_n . Falls die Gewichte W reell sind, ist W_n^* identisch zu W_n .

10 $R_a^{(n)}(k)$ ist dann die zu berechnende Korrelationssumme.

Ein Efficient Golay Korrelator für eine Synchronisationsfolge der Länge 256 (2^8) Chips im Empfänger weist in der Regel $2 \cdot 8 - 1 = 15$ komplexe Addierer auf.

15

Mit der Kombination aus Hierarchischer Korrelation und Efficient Golay Korrelator sind für einen Hierarchischen Code - beschrieben durch zwei konstituierende Sequenzen X und Y - der Länge 256 ($2^4 \cdot 2^4$) nur $2 \cdot 4 - 1 + 2 \cdot 4 - 1 = 14$ komplexe Addierer
20 erforderlich (auch für den Fall, daß vierwertige konstituierende Folgen eingesetzt werden).

Damit wird der Berechnungsaufwand, der für die primäre Synchronisation in CDMA-Mobilfunksystemen sehr hoch ist, um 7%
25 reduziert, weil effiziente hierarchische Korrelatoren und Golay-Korrelatoren kombiniert werden können. Eine mögliche Implementierung des gesamten Korrelators, ein effizienter abgeschnittener Golay-Korrelator für verallgemeinerte hierarchische Golayfolgen, ist in Figur 5 gezeigt. Dieser wird auch
30 als abgeschnittener Golay-Korrelator bezeichnet, weil eine der Ausgaben in bestimmten Stufen abgeschnitten wird und statt dessen eine andere Ausgabe als Eingabe für die nächste Stufe verwendet wird.

19

Der Vektor D ist definiert durch $D = [128, 16, 64, 32, 8, 4, 1, 2]$ und $W = [1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$. Dieser Korrelator erfordert nur 13 Additionen pro berechneter Korrelationssumme.

5

Die verallgemeinerte hierarchische Golayfolge bietet im Vergleich zu einer Folge mit einfacher hierarchischer oder golay-gestützter Struktur aufgrund effizienterer Möglichkeiten zur Berechnung der Korrelationssumme mit dieser Golayfolge Vorteile. Simulationen zeigen außerdem auch bei höheren Frequenzfehlern gute Ergebnisse hinsichtlich der Schlitz-synchronisation.

10

Im folgenden werden die hierarchischen Golayfolgen mit beiden einfachen Verfahren verglichen.

15

Figur 6 zeigt zunächst einen Effizienten Korrelator für einfache hierarchische Folgen und ein einfaches Korrelationsverfahren für die hierarchische Korrelation.

20

Die hierarchische Korrelation besteht aus zwei verketteten, angepaßten Filterblöcken, die jeweils eine standardmäßige Korrelation über eine der konstituierenden Folgen durchführen. Es wird angenommen, daß die Korrelation über X_1 (16-Symbol-Akkumulation) vor der Korrelation über X_2 (16-Chip-Akkumulation) durchgeführt wird. Dies ist eine Implementierungsoption, weil beide angepaßten Filterblöcke (in der Figur 6 in gestrichelten Linien eingeschlossen) lineare Systeme sind, die in einer beliebigen Reihenfolge verbunden werden können. Auf diese Weise können $240 \cdot n$ Delayleitungen mit der minimalen Wortlänge implementiert werden, da vorher keine Akkumulation erfolgt und deshalb kein Signal/Störungs-Gewinn erzielt wird. Dabei bezeichnet n den Oversampling-Faktor, d.h. wie viele Abtastungen pro Chipintervall durchgeführt werden.

25

30

35

Wie bereits erwähnt, können einer oder beide der angepaßten Filterblöcke gegebenenfalls wieder durch einen Korrelator für eine (verallgemeinerte) hierarchische Folge oder durch einen effizienten Golay-Korrelator (EGC) ersetzt werden.

Figur 7 zeigt ein einfaches Korrelationsverfahren für den effizienten Golay-Korrelator (EGC) für eine einfache Golayfolge. Ein effizienter hierarchischer Golay-Korrelator entspricht in seinem Aufbau einem Effizienten Korrelator für einfache hierarchische Folgen (siehe Figur 6) mit der Ausnahme, daß zwei Addierer weggelassen werden können.

Figur 8 zeigt nun einen Effizienten Golay-Korrelator für verallgemeinerte hierarchische Golayfolge. Die Einsparung zweier Addierer von 15 Addierern verringert offensichtlich die Komplexität des Verfahrens entsprechend.

Figur 9 zeigt Simulationsergebnisse, wobei der Schlitzsynchronisationsschritt auf einem einstrahligen Rayleigh-Fading-Kanal mit 3 km/h für verschiedene Chip/Rausch-Verhältnisse (CNR) ohne und mit Frequenzfehler untersucht wurde. Es wird gezeigt, daß der oben definierte Synchronisationscode, im folgenden GHG bezeichnet, gegenüber einem anderen Synchronisationscode, im folgenden S_{new} bezeichnet, hinsichtlich der Schlitzsynchronisationsleistung praktisch gleich gut geeignet ist. Es liegen Ergebnisse für die Verwendung von Mittelwertbildung mit 24 Schlitzten vor. Zusammen mit dem primären Synchronisationskanal (PSC) wird ein sekundärer Synchronisationskanal gesendet, der auf einer zufälligen Auswahl aus 32 Symbolen basiert. Die graphische Darstellung zeigt, daß kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Synchronisationscode S_{new} und dem verallgemeinerten hierarchischen Golay-Synchronisationscode GHG für keinen Frequenzfehler und einen Frequenzfehler von 10 kHz besteht.

- Die vorgeschlagene Synchronisationsfolge GHG weist insbesondere bei 10 kHz bessere Autokorrelationseigenschaften als S_{01d} (gepunktete Kurve) auf. Die graphische Darstellung zeigt, daß
- 5 die Synchronisationseigenschaften von GHG so bezüglich des praktischen Einsatzes optimal sind. S_{01d} ist eine nicht besonders auf Frequenzfehler optimierte hierarchische Korrelationsfolge.
- 10 Durch die Verwendung der verallgemeinerten hierarchischen Golayfolgen für den primären Synchronisationskanal (PSC) wird also empfangsseitig die Berechnungskomplexität reduziert; die Komplexität wird gegenüber herkömmlichen Folgen von 30 Additionen bzw. gegenüber Golayfolgen von 15 Additionen pro Aus-
- 15 gabeabtastwert auf nur 13 Additionen reduziert.

- Die Simulationen zeigen, daß die vorgeschlagene Synchronisationsfolge GHG sowohl bei niedrigen als auch bei höheren Fehlern gute Synchronisationseigenschaften aufweisen. Aufgrund
- 20 einer niedrigeren rechnerischen Komplexität ist zur Implementierung weniger spezifische Hardware erforderlich, und es wird ein niedrigerer Stromverbrauch erzielt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation (BS) mit einer Mobilstation (MS),

5 bei dem eine Synchronisationsfolge $y(i)$ der Länge n von der Basisstation (BS) ausgesendet wird, die gemäß folgender Beziehung aus einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 bildbar ist:

10 $y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \text{ div } n_2)$ für $i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$, wobei zumindest eine konstituierende Folge x_1 bzw. x_2 gemäß folgender Beziehung aus einer dritten konstituierenden Folge x_3 der Länge n_3 und einer vierten konstituierenden Folge x_4 der Länge n_4 bildbar ist:

15 $x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \text{ div } s n_3)) * x_3((i \text{ div } s) \bmod n_3)$, $i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$;

bzw.

$x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \text{ div } s n_3)) * x_3((i \text{ div } s) \bmod n_3)$, $i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Synchronisationsfolge $y(i)$ die Länge 256 aufweist, und die konstituierenden Folgen x_1 , x_2 die Länge 16 aufweisen.

25 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest eine der konstituierenden Folgen x_1 bzw. x_2 eine Golaysequenz ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei

30 zumindest eine der beiden konstituierenden Folgen x_1 bzw. x_2 eine Golaysequenz ist, die auf folgenden Parametern basiert: Delaymatrix $D^1 = [8, 4, 1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^1 = [1, -1, 1, 1]$;

bzw.

23
 Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- 5 bei dem x_3 und x_4 identische Golaysequenzen der Länge 4 sind und auf folgenden Parametern basieren:

Delaymatrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$.

- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem eine Golaysequenz a_N durch folgende rekursive Beziehung definiert ist:

$$a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

15

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

20

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N,$$

$\delta(k)$ Kroneckersche Deltafunktion

25

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Synchronisationsfolge $y(i)$ von einer Mobilstation empfangen wird und zu Synchronisationszwecken verarbeitet wird.

30

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in der Mobilstation (MS) zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge $E(1)$ enthaltenen vorgegebenen Synchronisati-

onsfolge $y(i)$ Korrelationssummen S der Synchronisationsfolge $y(i)$ mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge $E(l)$ bestimmt werden.

5 9. Verfahren nach Anspruch 8,

bei dem zur Bestimmung zumindest einer Korrelationssumme S zumindest ein Efficient Golay Correlator (EGC) verwendet wird.

10 10. Sendeeinheit (BS) mit

Mitteln (SPE) zur Speicherung oder Bildung einer Synchronisationsfolge $y(i)$, die gemäß folgender Beziehung aus einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 bildbar ist:

15 $y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \text{ div } n_2)$ für $i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$,
wobei zumindest eine konstituierende Folge x_1 bzw. x_2 gemäß folgender Beziehung aus einer dritten konstituierenden Folge x_3 der Länge n_3 und einer vierten konstituierenden Folge x_4 der Länge n_4 bildbar ist:

20 $x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \text{ div } sn_3)) * x_3((i \text{ div } s) \bmod n_3)$, $i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$;

bzw.

$x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \text{ div } sn_3)) * x_3((i \text{ div } s) \bmod n_3)$, $i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$,

25 und mit Mitteln zur Aussendung dieser Synchronisationsfolge $y(i)$ zum Zwecke der Synchronisation mit einer Empfangseinheit (MS).

11. . Mobilstation (MS)

30 mit Mitteln zum Empfang einer Empfangssignalfolge $E(l)$,
mit Mitteln zur Ermittlung einer Signalfolge $y(i)$, die gemäß folgender Beziehung aus einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 bildbar ist:

25

$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2)$ für $i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$,

wobei zumindest eine konstituierende Folge x_1 bzw. x_2 gemäß folgender Beziehung aus einer dritten konstituierenden Folge x_3 der Länge n_3 und einer vierten konstituierenden Folge x_4

5 der Länge n_4 bildbar ist:

$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3)$, i
 $= 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$;

bzw.

$x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3)$, i
10 $= 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$.

12. Mobilstation (MS) nach Anspruch 11

mit zumindest einem Efficient Golay Korrelator zur Ermittlung der Synchronisationsfolge $y(i)$.

15

13. Mobilstation (MS) nach einem der Ansprüche 11 oder 12 mit zwei hintereinander geschalteten Matched Filtern, die als Efficient Golay Korrelatoren ausgebildet sind zur Ermittlung der Synchronisationsfolge $y(i)$.

20

14. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen,

bei dem die Synchronisationsfolge aus zwei konstituierenden Folgen zusammengesetzt ist,

25 wobei die erste konstituierende Folge entsprechend der Anzahl der Elemente der zweiten konstituierenden Folge wiederholt wird,

wobei alle Elemente einer bestimmten Wiederholung der ersten konstituierenden Folge mit dem entsprechenden Element der
30 zweiten konstituierenden Folgen moduliert werden und die Wiederholungen der ersten konstituierenden Folge miteinander verschachtelt werden.

15. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen,
35

bei dem die Synchronisationsfolge $y(i)$ der Länge $(n_1 * n_2)$ aus zwei konstituierenden Folgen x_1 und x_2 der Länge n_1 und n_2 gemäß der Formel $y(i) = x_2(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} sn_1)) * x_1((i \operatorname{div} s) \bmod n_1)$, $i = 0, \dots, (n_1 * n_2) - 1$, zusammengesetzt ist.

5

16. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen nach einem der Ansprüche 14 oder 15,

bei dem eine konstituierende Folge x_2 aus zwei konstituierenden Folgen x_3 der Länge n_3 und x_4 der Länge n_4 gemäß der Formel $x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3)$, $i = 0, \dots, (n_3 * n_4) - 1$ zusammengesetzt ist oder eine Golaysequenz ist.

10

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 99P1869P	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/01263	International filing date (day/month/year) 16 February 2000 (16.02.00)	Priority date (day/month/year) 29 April 1999 (29.04.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04J 13/00, H04L 7/04, H04B 1/707, 7/26		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>11</u> sheets, including this cover sheet. <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT). These annexes consist of a total of <u>26</u> sheets.
3. This report contains indications relating to the following items: I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input checked="" type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input checked="" type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 13 July 2000 (13.07.00)	Date of completion of this report 06 August 2001 (06.08.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/01263

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages 1-21, filed with the letter of 12 June 2001 (12.06.2001)
- ☒ the claims:
pages _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages 1-16, filed with the letter of 12 June 2001 (12.06.2001)
- ☒ the drawings:
pages 1/7-7/7, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

ational application No.

PCT/EP00/01263

III. Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability

1. The questions whether the claimed invention appears to be novel, to involve an inventive step (to be non obvious), or to be industrially applicable have not been examined in respect of:

- ☐ the entire international application.
- ☒ claims Nos. 14-16

because:

- ☐ the said international application, or the said claims Nos. _____
relate to the following subject matter which does not require an international preliminary examination (*specify*):

- ☒ the description, claims or drawings (*indicate particular elements below*) or said claims Nos. 14-16
are so unclear that no meaningful opinion could be formed (*specify*):

See separate sheet

- ☐ the claims, or said claims Nos. _____ are so inadequately supported
by the description that no meaningful opinion could be formed.
- ☐ no international search report has been established for said claims Nos. _____

2. A meaningful international preliminary examination cannot be carried out due to the failure of the nucleotide and/or amino acid sequence listing to comply with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions:

- ☐ the written form has not been furnished or does not comply with the standard.
- ☐ the computer readable form has not been furnished or does not comply with the standard.

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: III

1. Independent Claims 14, 15 and 16 are so unclear (PCT Article 6) that it was not possible to establish a meaningful report (PCT Article 34(4)(a)(ii)). These claims were found to contain the following problems with respect to clarity:
 - 1.1 Claims 14 and 15 do not meet the requirements of PCT Article 6 in conjunction with PCT Rule 6.3(b), according to which every independent claim must contain all of the technical features that are essential to the definition of the invention. The technical features which, as per the description and the arguments made by the applicant in the letter of 12 June 2001, are necessary for solving the problem of interest are missing.
 - 1.2 Since these essential features of the invention are already claimed in Claim 1 as methods, the claims are not concise due to the redundant presence of Claims 14 and 16 (PCT Article 6). The claims therefore display an overall lack of clarity because the large number of independent claims makes it hard, if not impossible, to identify the subject matter for which protection is sought, and it is therefore unreasonably difficult for a third party to determine the scope of protection sought.
 - 1.3 Furthermore, the number of alternatives and their presentation by means of the expression "and/or" (Claims 14-16) and "or" (Claim 16) in these claims leads to a lack of clarity and interpretation

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: III

difficulties (PCT Article 6 and PCT Rule 64(c) - see also PCT Examination Guidelines, Chapter III-3.7).

- 1.4 In addition, dependent Claim 16 presents the concept as per the invention as the formation of "generalised hierarchical sequences" only as one possible alternative, which is not consistent with the description and Claim 1.

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**1. Statement**

Novelty (N)	Claims	1-13	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-13	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-13	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

The report makes reference to the following documents:

D1: WO-A-96/39749 (SCOTT LOGAN; OMNIPOINT CORP (US))
12 December 1996 (1996-12-12)

D2: SRDJAN BUDISIN: 'GOLAY COMPLEMENTARY SEQUENCES ARE SUPERIOR TO PN SEQUENCES' PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS ENGINEERING, US, NEW YORK, IEEE, Vol. -, 1992, pages 101-104, XP000319401 ISBN: 0-7803-0734-8

D3: BUDISIN S Z: 'NEW COMPLEMENTARY PAIRS OF SEQUENCES' ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, Vol. 26, No. 13, 21 June 1990 (1990-06-21), pages 881-883, XP000107922 ISSN: 0013-5194.

1. In order to assess the subject matter of the claims with respect to novelty and inventive step, the claims are interpreted hereinafter as though the objections raised in Box VIII of this report with respect to clarity have been overcome as a result of appropriate amendments. The following comments are

made on the basis of this interpretation.

2. The present application concerns a method (Claim 1) for the synchronisation of a base station with a mobile station, and the base station with a transmission unit (Claim 10) and the mobile station (Claim 11) in which the method is used. The application addresses the **problem** of achieving the desired synchronisation in a reliable and efficient manner.
3. It is known from document **D1** to transmit a synchronisation sequence ("preamble") between a sequence-forming transmission unit ("base station") and a sequence-detecting receiver unit ("user station"). Two partial signal sequences of different length are used ("Barker 4" and "Minimum Peak Sidelobe-28"). The resulting signal sequence (see, e.g., page 84, lines 1-23) is a repetition of a partial signal sequence which is modulated with the other partial signal sequence ("the resultant preamble can be thought of as an MPS28 code wherein each "chip" is in actuality a B4 sequence"). This concept ("concentrated preambles") corresponds to "the idea" of forming "hierarchical sequences" which, as per the present application (see description), serves as the point of departure of the present invention. The detection of the signal sequence is carried out in D1 on the basis of correlation sums ("correlation processing"), wherein partial correlation sum sequences (with a B4 "matched filter") are calculated and a correlation sum is calculated on the basis of the partial correlation sum sequences (with an MPS28-"matched filter").

4. The **invention** consists in the fact that the subject matter of the synchronisation method claimed as per the application differs from the disclosure in D1 in the special technical features, wherein, when a hierarchical sequence is used as a synchronisation sequence, at least one of the two constituent sequences is itself a hierarchical sequence, constituted of two further sequences.

Consequently, at least one of the sequences x_1 or x_2 constituting the synchronisation sequence is formed as per the following equation:

$$\begin{aligned} x_1(i) &= x_4(i \bmod s + s \cdot (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3) \\ &\text{when } i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1; \text{ and} \\ x_2(i) &= x_4(i \bmod s + s \cdot (i \operatorname{div} sn_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3) \\ &\text{when } i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1, \end{aligned}$$

wherein a parameter s is introduced which indicates the part of the constituent sequence that is repeated as a coherent piece.

The hierarchical synchronisation sequence $y(i)$ that is to be formed is then based on a first constituent sequence x_1 of the length n_1 and a second constituent sequence x_2 of the length n_2 , as per the following equation:

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2), \text{ when } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1.$$

This enables synchronisation sequences to be formed which, when they are in a received signal sequence, can be easily detected. Such synchronisation

sequences have good correlation properties and enable efficient calculation of the correlation in a mobile station. This discovery as per the invention enables the receiver to be further reduced in complexity compared to D1.

5. Although a person skilled in the art seeking options for improving the performance of the technology known from D1 by, for example, reducing the computational complexity required therefor might in theory have thought of such a possibility, it is unlikely that he would have reached this discovery on the basis of the teaching of D1 alone without advance knowledge of the desired subject matter of the invention, so as to arrive in an obvious manner at a combination of the features of Claim 1. It follows that an inventive step can be acknowledged for the subject matter of Claim 1.

6. This idea of the "generalised hierarchical sequences", that is, the use for one hierarchical sequence of a hierarchical sequence consisting of two constituent partial sequences, is not suggested by the other citations either.

D2, in turn, discloses the use of Golay sequences as (improved) alternatives to PN sequences (which are usually used for "Spread Spectrum" transmissions as in D1), with particular emphasis being placed on the good correlation features of the Golay sequences which make these sequences particularly easy to form and detect.

Furthermore, **D3** teaches the rules which are essential for the recursive formation of pairs of

complementary Golay sequences. The sequences are generated on the basis of the Kronecker delta function and permutations and unit sizes.

The disclosure of these documents therefore corresponds to the embodiment in the invention, in which at least one of the constituent sequences is a Golay sequence.

7. Therefore, an inventive step is acknowledged for the subject matter of Claim 1 (method) and the subject matter of the corresponding independent Claim 10 (base station with a transmitter unit) and 11 (mobile station). The same applies to dependent Claims 2 to 9, which are concerned with further embodiment details of the method as per Claim 1.

The present application therefore meets the requirements of PCT Article 33(1).

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: VI

Application No.	Pub. date	Filing date	Priority date
WO-A-00/14915	16.03.00	02.09.99	19.02.99

1. Even though there are no doubts as to the priority of the present application, the relevance of the above-cited citation should be taken into consideration for the examination in the regional/national phase, in order that certain aspects (such as, for example, novelty) can be considered with respect to special requirements (e.g. EPC Article 54(3)) pertaining in at least a good many of the states in question (e.g. in the designated States also mentioned in the above-cited application as Member States of the European Patent Convention).

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

1. The features known in combination with one another from D1 (Claim 1: page 22, lines 3-10; Claim 10: page 24, lines 10-15; Claim 11: page 24, line 29 to page 25, line 1) should have been included in the preamble of independent Claims 1, 10 and 11 (PCT Rule 6.3(b)).
2. To meet the requirements of PCT Rule 5.1(a)(ii), as well as documents D1 and D2, document D3 should also have been cited in the description; in addition, the prior art contained in these three documents that is relevant to the present application should have been briefly outlined (PCT Rule 5.1(a)(iii) and PCT Examination Guidelines, Chapter II-4.6).

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

1. Independent Claims 1 and 11 do not meet the requirement of PCT Article 6 in conjunction with PCT Rule 6.3(b), according to which every independent claim must contain all of the technical features essential to the definition of the invention.
 - 1.1 The description states (e.g. page 3, lines 23-25 and lines 27-30) that to detect a synchronisation sequence formed as per the invention and contained in a receiver signal sequence, it is necessary to calculate correlation sums with corresponding sections of the received signal sequence.
 - 1.2 Therefore, the corresponding features necessary to detect such synchronisation sequences with respect to the calculation of correlation sums as per Claims 7 and 8 should have been included in Claim 1. Corresponding features in the device category should likewise have been included in independent Claim 11, so as to define the claimed mobile station and its essential detection function.
 - 1.3 Claims 1 and 11 should therefore be amended such that they define, respectively, the invention completely by the above features with respect to the detection of a signal sequence.
2. In addition, the claims should be revised so as to avoid the presence of non-limiting features and to reveal clearly the scope of protection sought (PCT Article 6 and PCT Examination Guidelines, Chapter

VIII. Certain observations on the international application

III-4.1). Claims, therefore, which are worded as optional features (for example, expressions such as, for example, "can be formed") and which therefore do not reveal clearly the scope of protection sought, should be replaced with more precise expressions (i.e. limiting expressions such as, for example, "is formed").

3. In order to maintain a uniform terminology (PCT Rule 10.2) and to clarify the connection between the claims (PCT Article 6), Claim 10 should relate to a base station (not a transmission unit).

PCT WI ORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : H04J 13/00, H04L 7/04, H04B 1/707, 7/26</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/67405</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 9. November 2000 (09.11.00)</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/01263</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 16. Februar 2000 (16.02.00)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>199 19 545.5</div> <div>29. April 1999 (29.04.99)</div> <div>DE</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>99109791.6</div> <div>18. Mai 1999 (18.05.99)</div> <div>EP</div> </div> </p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RAAF, Bernhard [DE/DE]; Maxhofstr. 62, D-81475 München (DE). MICHEL, Jürgen [DE/DE]; Frundsbergstr. 44, D-80634 München (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: CN, HU, IN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> </div> </div>		

(54) Title: **METHOD OF GENERATING AND/OR DETECTING SYNCHRONIZATION SEQUENCES, SYNCHRONIZATION METHOD, TRANSMITTER UNIT AND RECEIVER UNIT**

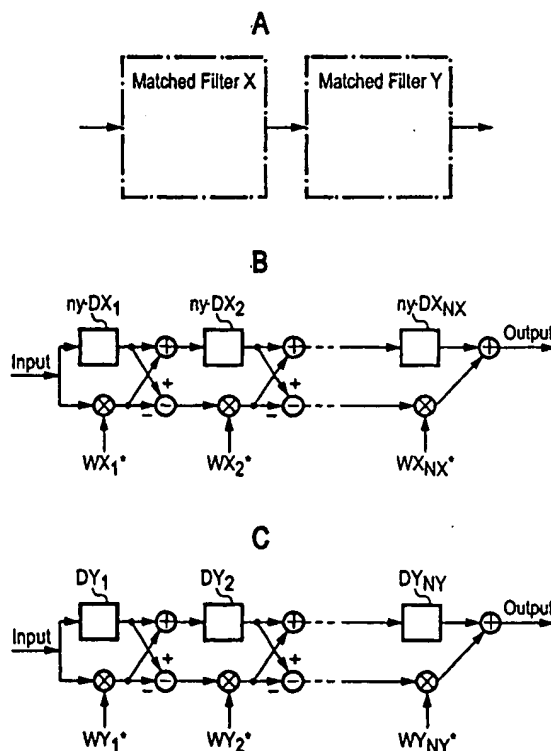
(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR BILDUNG BZW. ERMITTLUNG EINER SYNCHRONISATIONSFOLGE, VERFAHREN ZUR SYNCHRONISATION, SENDEEINHEIT UND EMPFANGSEINHEIT**

(57) Abstract

The invention relates to a method of generating synchronization sequences that are based on partial sequences of signals (Golay sequences). According to said method, the second partial sequence of signals is repeated and is thereby modulated by the first partial sequence of signals.

(57) Zusammenfassung

Bildung von Synchronisationsfolgen die auf Signalteilfolgen (Golay-Folgen) basieren, wobei die zweite Signalteilfolge wiederholt wird und dabei durch die erste Signalteilfolge moduliert.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Synchronisations-
folge, Verfahren zur Synchronisation, Sendeeinheit und Emp-
5 fangseinheit

Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zur Bildung
einer zum Zwecke der Synchronisation zumindest zweier Über-
tragungseinheiten zu übertragenden Synchronisationsfolge, so-
wie ein Verfahren zur Ermittlung einer derart bildbaren Syn-
10 chronisationsfolge und entsprechende Sende- bzw. Empfangsein-
heiten.

Bei Signalübertragungssystemen, wie beispielsweise Mobilfunk-
15 systemen, ist es erforderlich, daß einer der Kommunikations-
partner (erste Übertragungseinheit) bestimmte festgelegte Si-
gnale erkennt, die von einem anderen Kommunikationspartner
(zweite Übertragungseinheit) ausgesandt werden. Dabei kann es
sich beispielsweise um sogenannte Synchronisations-Bursts
20 (Synchronisations-Funkblöcke) zur Synchronisation zweier Syn-
chronisationspartner, wie beispielsweise Funkstationen, oder
um sogenannte Access-Bursts handeln.

Um derartige Empfangssignale gegenüber dem Umgebungsrauschen
25 zuverlässig zu erfassen bzw. zu identifizieren, ist es be-
kannt, das Empfangssignal fortlaufend über eine festgelegte
Zeitdauer mit einer vorgegebenen Synchronisationsfolge zu
korrelieren und die Korrelationssumme über die Zeitdauer der
vorgegebenen Synchronisationsfolge zu bilden. Der Bereich des
30 Empfangssignals, der eine maximale Korrelationssumme ergibt,
entspricht dem gesuchten Signal. Dem Synchronisationssignal
von der Basisstation eines digitalen Mobilfunksystems ist
beispielsweise eine Synchronisationsfolge als sogenannte
Trainingssequenz vorgeschaltet, die auf die eben beschriebene
35 Weise in der Mobilstation durch Korrelation mit der abgespei-
cherten Synchronisationsfolge erfaßt oder ermittelt wird. So

können die Mobilstationen mit der Basisstation synchronisiert werden.

Auch in der Basisstation sind derartige Korrelationsberechnungen beispielsweise bei der Random-Access-Channel (RACH)-Detektion erforderlich. Außerdem wird eine Korrelationsberechnung auch zur Bestimmung der Kanalimpulsantwort und der Signallaufzeiten empfangener Signalbursts durchgeführt.

Die Korrelationssumme wird dabei wie folgt berechnet:

$$S_m = \sum_{i=0}^{n-1} E(i+m) * K(i)$$

wobei $E(i)$ eine aus dem Empfangssignal abgeleitete Empfangssignalfolge und $K(i)$ die vorgegebene Synchronisationsfolge ist, wobei i von 0 bis $n-1$ läuft. Die Korrelationssumme S_m wird aufeinanderfolgend für mehrere zeitlich versetzte, aus dem Empfangssignal gewonnene Signalfolgen $E(i)$ berechnet, und dann der maximale Wert von S_m bestimmt. Sollen k aufeinanderfolgende Korrelationssummen berechnet werden, so beträgt der Berechnungsaufwand $k * n$ Operationen, wobei eine Multiplikation und Addition zusammen als eine Operation gezählt wird.

Die Berechnung der Korrelationssummen ist daher sehr aufwendig und erfordert, insbesondere bei Real-Time-Anwendungen wie Sprachkommunikation oder Bildtelefonie oder in CDMA-Systemen, leistungsfähige und daher teure Prozessoren, die bei der Berechnung einen hohen Stromverbrauch aufweisen. Beispielsweise ist zur Synchronisation des sich in der Standardisierung befindlichen UMTS-Mobilfunksystems eine bekannte Synchronisationsfolge der Länge 256 Chips (bei CDMA wird ein übertragenes Bit auch Chip genannt) zu ermitteln. Die Folge wird alle 2560 Chips wiederholt. Da die Mobilstation anfangs asynchron zum Chiptakt arbeitet, muß das Empfangssignal überabgetastet werden, um auch bei ungünstiger Abtastlage noch ein ausreichenden

des Signal zu erhalten. Dies führt aufgrund der Abtastung der I- und Q-Komponente zu $256 \cdot 2560 \cdot 2 \cdot 2 = 2621440$ Operationen.

Der Erfindung liegt daher auch die Aufgabe zugrunde, Verfahren und Anordnungen anzugeben, die es erlauben, Synchronisationsfolgen zu bilden, und damit Synchronisationsfolgen anzugeben, die in übertragenen Empfangssignalfolgen leicht zu ermitteln sind. Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und Anordnungen anzugeben, die es erlauben, diese Synchronisationsfolgen vergleichsweise einfach zu ermitteln.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, eine sogenannte "hierarchische Folge", insbesondere hierarchische Synchronisationsfolge $y(i)$, zu bilden, welche gemäß folgender Beziehung auf einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 basiert:

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1.$$

Dadurch können Synchronisationsfolgen gebildet werden, die, wenn sie in einer Empfangssignalfolge enthalten sind, leicht ermittelt werden können. Derartige Synchronisationsfolgen weisen gute Korrelationseigenschaften auf und ermöglichen eine effiziente Berechnung der Korrelation in einer Mobilstation. Dies konnte durch aufwendige eigens für diesen Zweck geschaffene Simulationswerkzeuge gezeigt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung werden "konstituierende Folgen" auch als "Signalteilstfolgen", als K_1 bzw. K_2 oder als x_1 bzw. x_2 oder als x_2 bzw. x_1 bezeichnet; "Synchronisationsfolgen" oder "Synchronisationscodes" werden auch als " $y(i)$ " oder " $K(i)$ " bezeichnet. Unter "Ermittlung einer Synchronisa-

tionsfolge" versteht man natürlich auch die Ermittlung der zeitlichen Lage einer Synchronisationsfolge. Unter "Empfangssignalfolge" versteht man auch eine Signalfolge, die beispielsweise durch eine Demodulation, Filterung, Derotation, Skalierung oder Analog-/Digitalwandlung aus einem empfangenen Signal abgeleitet wurde.

Durch die Angabe des Verfahrens zur Bildung von Synchronisationsfolgen liegen auch die Synchronisationsfolgen, die durch ein derartiges Verfahren gebildet werden können oder erhältlich sind, im Rahmen der Erfindung, insbesondere auch deren Verwendung in Datenübertragungssystemen, insbesondere zum Zwecke der Synchronisation einer Mobilstation oder Teilnehmerstation mit einer Basisstation.

Weiterbildungen der Erfindung sehen vor, als Synchronisationsfolge eine hierarchische Folge zu verwenden, die auf zwei konstituierenden Folgen der Länge 16 basiert, wobei es sich bei den konstituierenden Folgen selbst um hierarchische Folgen oder um Golaysequenzen (Golayfolgen) handeln kann.

Durch die Wahl von Golayfolgen oder von hierarchischen Folgen als konstituierende Folgen wird empfangsseitig eine weitere Verringerung der Komplexität erzielt.

Das oben beschriebene Konstruktionsprinzip einer hierarchischen Synchronisationsfolge sieht eine Wiederholung der konstituierenden Folgen in ihrer vollen Länge vor, wobei die Wiederholungen mit dem Wert des entsprechenden Elements der zweiten konstituierenden Folge moduliert wird.

Eine Weiterbildung sieht nun vor, daß nur eine Wiederholung der ersten Hälfte (oder eines anderen Teils) der ersten konstituierenden Folge durchgeführt wird, worauf die zweite Hälfte und ihre Wiederholungen folgen. Die Wiederholungen werden wieder mit dem Wert des entsprechenden Elements der zweiten konstituierenden Folge moduliert. Es wird ein Parame-

ter s eingeführt, der den Teil der konstituierenden Folge angibt, der als ein zusammenhängendes Stück wiederholt wird.

Die diesen weitergebildeten verallgemeinerten Ansatz zur Bildung "verallgemeinerter hierarchischer Folgen" beschreibende

5 Formel lautet:

$$x_i(i) = x_4(i \bmod s + s \cdot (i \operatorname{div} sn_3)) \cdot x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), \text{ für } i = 0 \dots n_3 \cdot n_4 - 1$$

10 Für $s=n_4$ ist diese Beziehung zur Beschreibung "verallgemeinerter hierarchischer Folgen" äquivalent zur oben erläuterten Beziehung zur Bildung "hierarchischer Synchronisationsfolgen".

15 Durch aufwendige Simulationen konnten Parameter zur Beschreibung von Golayfolgen, welche sich als konstituierende Folgen besonders gut eignen, gefunden werden.

Spezielle Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, zur Bildung einer hierarchischen 256-Chip-Folge, insbesondere einer Synchronisationsfolge, konstituierende Folgen der Länge 16 zu verwenden, wobei es sich bei einer ersten konstituierenden Folge um eine Golayfolge handelt und bei einer zweiten konstituierenden Folge um eine verallgemeinerte hierarchische Folge handelt, deren konstituierende Folgen auf zwei konstituierenden Golayfolgen (der Länge 4) basieren.

Beispielsweise wird x_2 als die Golayfolge der Länge 16 definiert, die durch die Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^2 = [1, -1, 1, 1]$ gewonnen wird. x_1 ist eine verallgemeinerte hierarchische Folge, wobei $s=2$ ist und die beiden Golayfolgen x_3 und x_4 als konstituierende Folgen verwendet werden. x_3 und x_4 sind identisch und als Golayfolgen der Länge 4 definiert, die durch die Delaymatrix

35 $D^3 = D^4 = [1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$ beschrieben werden.

Eine Golayfolge a_n , auch als Golaysequenz oder Golay Complementary Sequence bezeichnet, ist dabei durch folgende Beziehung bildbar:

5
$$a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

10

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

15

$\delta(k)$ Kroneckersche Deltafunktion

D Delaymatrix

W Gewichtsmatrix

20

Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele näher beschrieben, zu deren Erläuterung die nachfolgend aufgelisteten Figuren dienen:

25 Figur 1 schematische Darstellung eines Mobilfunknetzes;

Figur 2 Blockschaltbild einer Funkstation;

Figur 3 herkömmliches Verfahren zur Berechnung von Korrelationssummen;

30

Figuren 4, 5, 6, 7 und 8

Blockschaltbilder effizienter Golay-Korrelatoren;

35 Figur 9 Diagramm mit Simulationsergebnissen.

In Figur 1 ist ein zellulares Mobilfunknetz, wie beispielsweise das GSM (Global System for Mobile Communication)-System dargestellt, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind, bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN/ISDN herstellen. Ferner sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden, der auch durch ein Datenverarbeitungssystem gebildet sein kann. Eine ähnliche Architektur findet sich auch in einem UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

Jeder Basisstationscontroller BSC ist wiederum mit zumindest einer Basisstation BS verbunden. Eine solche Basisstation BS ist eine Funkstation, die über eine Funkschnittstelle eine Funkverbindung zu anderen Funkstationen, sogenannten Mobilstationen MS aufbauen kann. Zwischen den Mobilstationen MS und der diesen Mobilstationen MS zugeordneten Basisstation BS können mittels Funksignalen Informationen innerhalb von Funkkanälen f die innerhalb von Frequenzbändern b liegen, übertragen werden. Die Reichweite der Funksignale einer Basisstation definieren im wesentlichen eine Funkzelle FZ.

Basisstationen BS und ein Basisstationscontroller BSC können zu einem Basisstationssystem BSS zusammengefaßt werden. Das Basisstationssystem BSS ist dabei auch für die Funkkanalverwaltung bzw. -zuteilung, die Datenratenanpassung, die Überwachung der Funkübertragungsstrecke, Hand-Over-Prozeduren, und im Falle eines CDMA-Systems für die Zuteilung der zu verwendenden Spreizcodesets, zuständig und übermittelt die dazu nötigen Signalisierungsinformationen zu den Mobilstationen MS.

Im Falle eines Duplex-Systems können bei FDD (Frequency Division Duplex)-Systemen, wie dem GSM-System, für den Uplink u (Mobilstation (Sendeeinheit) zur Basisstation (Empfangseinheit)) andere Frequenzbänder vorgesehen sein als für den Downlink d (Basisstation (Sendeeinheit) zur Mobilstation (Empfangseinheit)). Innerhalb der unterschiedlichen Frequenz-

bänder b können durch ein FDMA (Frequency Division Multiple Access) Verfahren mehrere Frequenzkanäle f realisiert werden.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung versteht man unter Übertragungseinheit auch Kommunikationseinheit, Sendeeinheit, Empfangseinheit, Kommunikationsendgerät, Funkstation, Mobilstation oder Basisstation. Im Rahmen dieser Anmeldung verwendete Begriffe und Beispiele beziehen sich auch oft auf ein GSM-Mobilfunksystem; sie sind jedoch keineswegs darauf beschränkt, sondern können anhand der Beschreibung von einem Fachmann auch leicht auf andere, gegebenenfalls zukünftige, Mobilfunksysteme, wie CDMA-Systeme, insbesondere Wide-Band-CDMA-Systeme abgebildet werden.

Mittels Vielfachzugriffsverfahren können Daten über eine Funkschnittstelle effizient übertragen, separiert und einer oder mehreren bestimmten Verbindungen bzw. dem entsprechenden Teilnehmer zugeteilt werden. Dazu kann ein Zeitvielfachzugriff TDMA, ein Frequenzvielfachzugriff FDMA, ein Codevielfachzugriff CDMA oder eine Kombination aus mehreren dieser Vielfachzugriffsverfahren eingesetzt werden.

Beim FDMA wird das Frequenzband b in mehrere Frequenzkanäle f zerlegt; diese Frequenzkanäle werden durch den Zeitvielfachzugriff TDMA in Zeitschlitz t_s aufgeteilt. Die innerhalb eines Zeitschlitzes t_s und eines Frequenzkanals f übertragenen Signale können durch verbindungsindividuelle den Daten aufmodulierte Spreizcodes, sogenannte CDMA-Codes cc separiert werden.

Die so entstehenden physikalischen Kanäle werden nach einem festgelegten Schema logischen Kanälen zugeordnet. Bei den logischen Kanälen unterscheidet man grundsätzlich zwei Arten: Signalisierungskanäle (bzw. Steuerkanäle) zur Übertragung von Signalisierungsinformationen (bzw. Steuerinformationen) und Verkehrskanäle (Traffic Channel TCH) zur Übertragung von Nutzdaten.

Die Signalisierungskanäle werden weiter unterteilt in:

- Broadcast Channels
- Common Control Channels
- Dedicated/Access Control Channel DCCH/ACCH

- 5 Zu der Gruppe der Broadcast Channels gehören der Broadcast Control Channel BCCH, durch den die MS funktentechnische Informationen vom Basisstationssystem BSS erhält, der Frequency Correction Channel FCCH und der Synchronization Channel SCH. Zu den Common Control Channels gehört der Random Access Channel RACH. Die zur Realisierung dieser logischen Kanäle über-
- 10 tragenen Funkblöcke oder Signalfolgen können dabei für unterschiedliche Zwecke Synchronisationsfolgen $K(i)$ sog. Korrelationsfolgen enthalten, bzw. auf diesen logischen Kanälen können für unterschiedliche Zwecke Synchronisationsfolgen $K(i)$
- 15 übertragen werden.

- Im folgenden wird beispielhaft ein Verfahren zur Synchronisation einer Mobilstation MS mit einer Basisstation BS erläutert: Während eines ersten Schritts der anfänglichen Basisstationssuche oder Zellsuche (initial cell search procedure) verwendet die Mobilstation den primären Synchronisationskanal (primary synchronisation channel SCH (PSC)), um eine Zeitschlitzsynchronisation mit der stärksten Basisstation zu erreichen. Dies kann durch einen angepaßten Filter (matched
- 20 filter) oder eine entsprechende Schaltung gewährleistet werden, der an den primären Synchronisationscode c_p (Synchronisationsfolge), der von allen Basisstationen ausgesendet wird, angepaßt ist. Dabei wird von allen Basisstationen BS der gleiche primäre Synchronisationscode c_p der Länge 256 ausge-
- 25 sendet.
- 30

- Die Mobilstation ermittelt mittels Korrelation aus einer Empfangsfolge die empfangenen Synchronisationsfolgen $K(i)$. Dabei werden am Ausgang eines angepaßten Filters (matched Filter)
- 35 für jede empfangene Synchronisationsfolge jeder sich innerhalb des Empfangsbereichs der Mobilstation befindlichen Basisstation Peaks ausgegeben. Die Detektion der Position des

stärksten Peaks ermöglicht die Ermittlung des Timings der stärksten Basisstation modulo der Schlitzlänge. Um eine größere Verlässlichkeit zu gewährleisten, kann der Ausgang des angepaßten Filters über die Anzahl der Zeitschlitzte nicht-
 5 kohärent akkumuliert werden. Die Mobilstation führt also eine Korrelation über eine Synchronisationsfolge der Länge 256 Chips als Matched-Filter-Operation durch.

Der Synchronisationscode c_p kann dabei entsprechend einer
 10 hierarchischen Synchronisationsfolge $K(i)$ bzw. $y(i)$ nach folgenden Beziehungen aus zwei konstituierenden Folgen x_1 und x_2 der Länge n_1 bzw. n_2 gebildet sein:

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1$$

15

Die konstituierenden Folgen x_1 und x_2 haben die Länge 16 (d.h. $n_1 = n_2 = 16$) und sind durch folgende Beziehungen definiert:

$$x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1$$

20

x_1 ist also eine verallgemeinerte hierarchische Folge unter Verwendung der obigen Formel, wobei $s=2$ gewählt wird und die
 25 beiden Golayfolgen x_3 und x_4 als konstituierende Folgen verwendet werden.

x_2 wird als die Golayfolge der Länge 16 ($N_2=2$) definiert, die durch die Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und die Gewichtsmatrix
 30 $W^2 = [1, -1, 1, 1]$ gewonnen wird.

x_3 und x_4 sind identische Golayfolgen der Länge 4 ($N = 2$), die durch die Delaymatrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ und die Gewichtsmatrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$ definiert sind.

35

Die Golayfolgen werden unter Verwendung der folgenden rekursiven Beziehung definiert:

$$a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

5

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k-D_n) ,$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

10

$$n = 1, 2, \dots, N.$$

a_N definiert dann die gewünschte Golayfolge.

Figur 2 zeigt eine Funkstation, die eine Mobilstation MS sein
15 kann, bestehend aus einer Bedieneinheit oder Interface-
Einheit MMI, einer Steuereinrichtung STE, einer Verarbei-
tungseinrichtung VE, einer Stromversorgungseinrichtung SVE,
einer Empfangseinrichtung EE und ggf. einer Sendeeinrichtung
SE.

20

Die Steuereinrichtung STE besteht im wesentlichen aus einem
programmgesteuerten Mikrocontroller MC, der schreibend und
lesend auf Speicherbausteine SPE zugreifen kann. Der Micro-
controller MC steuert und kontrolliert alle wesentlichen Ele-
25 mente und Funktionen der Funkstation.

Die Verarbeitungseinrichtung VE kann auch durch einen digita-
len Signalprozessor DSP gebildet sein, der ebenfalls auf
Speicherbausteine SPE zugreifen kann. Durch die Verarbei-
30 tungseinrichtung VE können auch Additions- und Multiplikati-
onsmittel realisiert sein.

Der Mikrocontroller MC und/oder der digitalen Signalprozessor
DSP und/oder Speichereinrichtungen SPE und/oder weitere einem
35 Fachmann als solche bekannte Rechenelemente können dabei zu
einer Proessoreinrichtung zusammengefaßt werden, welche der-

art eingerichtet ist, daß die Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 12 durchgeführt werden können.

In den flüchtigen oder nicht flüchtigen Speicherbausteinen
5 SPE sind die Programmdateien, die zur Steuerung der Funkstation und des Kommunikationsablaufs, insbesondere auch der Signalisierungsprozeduren, benötigt werden und während der Verarbeitung von Signalen entstehende Informationen gespeichert. Außerdem können darin Synchronisationsfolgen $K(i)$, die zu Korrelationszwecken verwendet werden, und Zwischenergebnisse von
10 Korrelationssummenberechnungen gespeichert werden. Die im Rahmen der Erfindung liegenden Synchronisationsfolgen $K(i)$ können also in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sein. Es ist auch möglich, daß ein oder mehrere
15 Parameter zur Definition von Synchronisationsfolgen oder daraus abgeleitete Signalteilfolgen oder Signalteilfolgenpaare ($K1(j); K2(k)$) in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sind. Es ist auch möglich, daß in der Mobilstation und/oder der Basisstation eine Synchronisationsfolge
20 $K(i)$ aus einem Signalteilfolgenpaar ($K1(j); K2(k)$) und/oder einem oder mehreren Parametern zur Definition von Synchronisationsfolgen oder daraus abgeleiteten Signalteilfolgen gebildet wird.

25 Insbesondere kann in einer Basisstation oder in allen Basisstationen eines Systems eine Synchronisationsfolge $K(i)$ abgespeichert sein, die in festen oder variablen Abständen zu Synchronisationszwecken ausgesendet wird. In der Mobilstation MS sind konstituierende Folgen (Signalteilfolgen) oder Parameter,
30 aus welchen die in der Basisstation abgespeicherte Synchronisationsfolge $K(i)$ bildbar ist oder gebildet werden kann, abgespeichert und werden zur Synchronisation der Mobilstation mit einer Basisstation zur rechenaufwandsgünstigen Korrelationssummenberechnung herangezogen.

35

Die Speicherung der Synchronisationsfolgen bzw. der Signalteilfolgen oder Parameter kann auch durch eine Speiche-

5 rung entsprechender Informationen in beliebig codierter Form
erfolgen und durch Mittel zur Speicherung, wie beispielsweise
flüchtige und/oder nichtflüchtige Speichereinbausteine oder
durch entsprechend konfigurierte Addierer- oder Multiplizier-
rereingänge oder entsprechende gleichwirkende Hardwareausge-
staltungen realisiert sein.

10 Der Hochfrequenzteil HF besteht ggf. aus der Sendeeinrichtung
SE, mit einem Modulator und einem Verstärker V und einer Emp-
fangseinrichtung EE mit einem Demodulator und ebenfalls einem
Verstärker. Durch Analog/Digitalwandlung werden die analogen
Audiosignale und die analogen von der Empfangseinrichtung EE
stammenden Signale in digitale Signale gewandelt und vom di-
15 gitalen Signalprozessor DSP verarbeitet. Nach der Verarbei-
tung werden ggf. die digitalen Signale durch Digital/Analog-
wandlung in analoge Audiosignale oder andere Ausgangssignale
und analoge der Sendeeinrichtung SE zuzuführende Signale ge-
wandelt. Dazu wird gegebenenfalls eine Modulation bzw. Demo-
20 dulation durchgeführt.

20 Der Sendeeinrichtung SE und der Empfangseinrichtung EE wird
über den Synthesizer SYN die Frequenz eines spannungsgeregel-
ten Oszillators VCO zugeführt. Mittels des spannungsgesteuer-
ten Oszillators VCO kann auch der Systemtakt zur Taktung von
25 Prozessoreinrichtungen der Funkstation erzeugt werden.

30 Zum Empfang und zum Senden von Signalen über die Luftschnitt-
stelle eines Mobilfunksystems ist eine Antenneneinrichtung
ANT vorgesehen. Bei einigen bekannten Mobilfunksystemen, wie
dem GSM (Global System for Mobile Communication) werden die
30 Signale zeitlich gepulst in sogenannten bursts empfangen und
gesendet.

35 Bei der Funkstation kann es sich auch um eine Basisstation BS
handeln. In diesem Fall wird das Lautsprecherelement und das
Mikrophonelement der Bedieneinheit MMI durch eine Verbindung
zu einem Mobilfunknetz, beispielsweise über einen Basisstati-

onscontroller BSC bzw. eine Vermittlungseinrichtung MSC ersetzt. Um gleichzeitig Daten mit mehreren Mobilstationen MS auszutauschen, verfügt die Basisstation BS über eine entsprechende Vielzahl von Sende- bzw. Empfangseinrichtungen.

5

In Figur 3 ist eine Empfangssignalfolge $E(1)$, bei der es sich auch um ein von einem Empfangssignal abgeleitete Signalfolge handeln kann, der Länge w dargestellt. Zur Berechnung einer ersten Korrelationssumme S_0 entsprechend eingangs angegebener Formel werden Elemente eines ersten Abschnitts dieser Empfangssignalfolge $E(1)$ paarweise mit den entsprechenden Elementen der Synchronisationsfolge $K(i)$ der Länge n multipliziert, und die Länge der resultierenden Teilergebnisse zur Korrelationssumme S_0 aufaddiert.

15

Zur Berechnung einer weiteren Korrelationssumme S_1 wird die Synchronisationsfolge $K(i)$ wie in der Figur bildlich dargestellt um ein Element nach rechts verschoben und die Elemente der Synchronisationsfolge $K(i)$ mit den entsprechenden Elementen der Signalfolge $E(1)$ paarweise multipliziert, und durch eine Summation der entstehenden Teilergebnisse wieder die Korrelationssumme S_1 gebildet.

20

Die paarweise Multiplikation der Elemente der Synchronisationsfolge mit entsprechenden Elementen der Empfangssignalfolge und die anschließende Summation kann auch in Vektorschreibweise als die Bildung eines Skalarproduktes beschrieben werden, sofern man jeweils die Elemente der Synchronisationsfolge und die Elemente der Empfangssignalfolge zu einem Vektor zusammenfaßt:

30

$$S_0 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(i) \\ \vdots \\ E(n-1) \end{pmatrix} = K(0) * E(0) + \dots + K(i) * E(i) + \dots + K(n-1) * E(n-1)$$

$$S1 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(i+1) \\ \vdots \\ E(n) \end{pmatrix} = K(0) * E(1) + \dots + K(i) * E(i+1) + \dots + K(n-1) * E(n)$$

In den so ermittelten Korrelationssummen S kann das Maximum gesucht werden, das Maximum der Korrelationssummen S mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen werden, und so ermittelt werden, ob in dem Empfangssignal E(1) die vorgegebene Synchronisationsfolge K(i) enthalten ist und wenn ja, wo im Empfangssignal E(1) sie sich befindet, und so zwei Funkstationen miteinander synchronisiert werden bzw. Daten, denen ein individueller Spreizcode in Form einer Synchronisationsfolge K(i) aufmoduliert wurde, detektiert werden.

Figur 4 zeigt einen effizienten hierarchischen Korrelator für Synchronisationsfolgen, wobei als konstituierende Folgen K1, K2 Golayfolgen X, Y der Länge nx bzw. ny verwendet werden. Der Korrelator besteht aus zwei hintereinander geschalteten Matched Filtern (Figur 4 a), die jeweils als Efficient-Golay-Korrelatoren gebildet sind. Figur 4 b) zeigt den Matched Filter für die Folge X und Figur 4 c) zeigt den Matched Filter für die Folge Y.

In Figur 4 b) gelten folgende Bezeichnungen:

- n = 1, 2, ...NX
- ny Länge der Folge Y
- nx Länge der Folge X
- NX mit nx=2^{NX}
- DX_n DX_n = 2^{PX_n}
- PX_n Permutation der
- Zahlen {0, 1, 2, ..., NX-1}
- für die Signalfolge X
- WX_n Gewichte für die Signalfolge X
- aus (+1, -1, +i oder -i).

In Figur 4 c) gelten folgende Bezeichnungen:

- $n = 1, 2, \dots, NY$
 5 ny Länge der Folge Y
 NY mit $ny=2^{NY}$
 DY_n $DY_n = 2^{PY_n}$
 PY_n Permutation der
 Zahlen $\{0, 1, 2, \dots, NY-1\}$
 10 für die Signalteilfolge Y
 WY_n Gewichte für die Signalteilfolge Y
 aus $(+1, -1, +i$ oder $-i)$.

Definition:

- 15 $a_n(k)$ und $b_n(k)$ sind zwei komplexe Folgen der Länge 2^N ,
 $\delta(k)$ ist die Kronecker Delta-Funktion,
 k ist eine die Zeit repräsentierende ganze Zahl,
 n ist die Iterationsnummer,
 D_n ist die Verzögerung,
 20 P_n , $n = 1, 2, \dots, N$, ist eine beliebige Permutation der
 Zahlen $\{0, 1, 2, \dots, N-1\}$,
 W_n können als Gewichte die Werte $+1, -1, +i, -i$ annehmen.

Die Korrelation einer Golaysequenz der Länge 2^N kann folgendermaßen effizient durchgeführt werden:

25 Man definiert die Folgen $R_a^{(0)}(k)$ und $R_b^{(0)}(k)$ als $R_a^{(0)}(k) = R_b^{(0)}(k) = r(k)$, wobei $r(k)$ das Empfangssignal oder die Ausgabe einer anderen Korrelationsstufe ist.

30 Folgender Schritt wird N mal ausgeführt, wobei n von 1 bis N läuft:

Berechne

$$R_e^{(n)}(k) = W_n^* \cdot R_b^{(n-1)}(k) + R_a^{(n-1)}(k - D_n)$$

35 Und

$$R_b^{(n)}(k) = W_n^* \cdot R_b^{(n-1)}(k) - R_a^{(n-1)}(k - D_n)$$

Dabei bezeichnet W_n^* das konjugiert komplexe zu W_n . Falls die Gewichte W reell sind, ist W_n^* identisch zu W_n .

$R_s^{(N)}(k)$ ist dann die zu berechnende Korrelationssumme.

5

Ein Efficient Golay Korrelator für eine Synchronisationsfolge der Länge 256 (2^8) Chips im Empfänger weist in der Regel $2 \cdot 8 - 1 = 15$ komplexe Addierer auf.

- 10 Mit der Kombination aus Hierarchischer Korrelation und Efficient Golay Korrelator sind für einen Hierarchischen Code - beschrieben durch zwei konstituierende Sequenzen X und Y - der Länge 256 ($2^4 \cdot 2^4$) nur $2 \cdot 4 - 1 + 2 \cdot 4 - 1 = 14$ komplexe Addierer erforderlich (auch für den Fall, daß vierwertige konstituierende Folgen eingesetzt werden).

15

- Damit wird der Berechnungsaufwand, der für die primäre Synchronisation in CDMA-Mobilfunksystemen sehr hoch ist, um 7% reduziert, weil effiziente hierarchische Korrelatoren und Golay-Korrelatoren kombiniert werden können. Eine mögliche Implementierung des gesamten Korrelators, ein effizienter abgeschnittener Golay-Korrelator für verallgemeinerte hierarchische Golayfolgen, ist in Figur 5 gezeigt. Dieser wird auch als abgeschnittener Golay-Korrelator bezeichnet, weil eine der Ausgaben in bestimmten Stufen abgeschnitten wird und statt dessen eine andere Ausgabe als Eingabe für die nächste Stufe verwendet wird.

20

25

- Der Vektor D ist definiert durch $D = [128, 16, 64, 32, 8, 4, 1, 2]$ und $W = [1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]$. Dieser Korrelator erfordert nur 13 Additionen pro berechneter Korrelationssumme.

30

- Die verallgemeinerte hierarchische Golayfolge bietet im Vergleich zu einer Folge mit einfacher hierarchischer oder golay-gestützter Struktur aufgrund effizienterer Möglichkeiten zur Berechnung der Korrelationssumme mit dieser Golayfolge

35

Vorteile. Simulationen zeigen außerdem auch bei höheren Frequenzfehlern gute Ergebnisse hinsichtlich der Schlitzsynchronisation.

- 5 Im folgenden werden die hierarchischen Golayfolgen mit beiden einfachen Verfahren verglichen.

Figur 6 zeigt zunächst einen Effizienten Korrelator für einfache hierarchische Folgen und ein einfaches Korrelationsverfahren für die hierarchische Korrelation.

Die hierarchische Korrelation besteht aus zwei verketteten, angepaßten Filterblöcken, die jeweils eine standardmäßige Korrelation über eine der konstituierenden Folgen durchführen. Es wird angenommen, daß die Korrelation über X_1 (16-Symbol-Akkumulation) vor der Korrelation über X_2 (16-Chip-Akkumulation) durchgeführt wird. Dies ist eine Implementierungsoption, weil beide angepaßten Filterblöcke (in der Figur 6 in gestrichelten Linien eingeschlossen) lineare Systeme sind, die in einer beliebigen Reihenfolge verbunden werden können. Auf diese Weise können 240^n Delayleitungen mit der minimalen Wortlänge implementiert werden, da vorher keine Akkumulation erfolgt und deshalb kein Signal/Störungs-Gewinn erzielt wird. Dabei bezeichnet n den Oversampling-Faktor, d.h. wie viele Abtastungen pro Chipintervall durchgeführt werden.

Wie bereits erwähnt, können einer oder beide der angepaßten Filterblöcke gegebenenfalls wieder durch einen Korrelator für eine (verallgemeinerte) hierarchische Folge oder durch einen effizienten Golay-Korrelator (EGC) ersetzt werden.

Figur 7 zeigt ein einfaches Korrelationsverfahren für den effizienten Golay-Korrelator (EGC) für eine einfache Golayfolge. Ein effizienter hierarchischer Golay-Korrelator entspricht in seinem Aufbau einem Effizienten Korrelator für

einfache hierarchische Folgen (siehe Figur 6) mit der Ausnahme, daß zwei Addierer weggelassen werden können.

Figur 8 zeigt nun einen Effizienten Golay-Korrelator für verallgemeinerte hierarchische Golayfolge. Die Einsparung zweier Addierer von 15 Addierern verringert offensichtlich die Komplexität des Verfahrens entsprechend.

Figur 9 zeigt Simulationsergebnisse, wobei der Schlitzsynchronisationsschritt auf einem einstrahligen Rayleigh-Fading-Kanal mit 3 km/h für verschiedene Chip/Rausch-Verhältnisse (CNR) ohne und mit Frequenzfehler untersucht wurde. Es wird gezeigt, daß der oben definierte Synchronisationscode, im folgenden GHG bezeichnet, gegenüber einem anderen Synchronisationscode, im folgenden S_{new} bezeichnet, hinsichtlich der Schlitzsynchronisationsleistung praktisch gleich gut geeignet ist. Es liegen Ergebnisse für die Verwendung von Mittelwertbildung mit 24 Schlitzten vor. Zusammen mit dem primären Synchronisationskanal (PSC) wird ein sekundärer Synchronisationskanal gesendet, der auf einer zufälligen Auswahl aus 32 Symbolen basiert. Die graphische Darstellung zeigt, daß kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Synchronisationscode S_{new} und dem verallgemeinerten hierarchischen Golay-Synchronisationscode GHG für keinen Frequenzfehler und einen Frequenzfehler von 10 kHz besteht.

Die vorgeschlagene Synchronisationsfolge GHG weist insbesondere bei 10 kHz bessere Autokorrelationseigenschaften als S_{old} (gepunktete Kurve) auf. Die graphische Darstellung zeigt, daß die Synchronisationseigenschaften von GHG so bezüglich des praktischen Einsatzes optimal sind. S_{old} ist eine nicht besonders auf Frequenzfehler optimierte hierarchische Korrelationsfolge.

Durch die Verwendung der verallgemeinerten hierarchischen Golayfolgen für den primären Synchronisationskanal (PSC) wird also empfangsseitig die Berechnungskomplexität reduziert; die

Komplexität wird gegenüber herkömmlichen Folgen von 30 Additionen bzw. gegenüber Golayfolgen von 15 Additionen pro Ausgabeabtastwert auf nur 13 Additionen reduziert.

- 5 Die Simulationen zeigen, daß die vorgeschlagene Synchronisationsfolge GHG sowohl bei niedrigen als auch bei höheren Fehlern gute Synchronisationseigenschaften aufweisen. Aufgrund einer niedrigeren rechnerischen Komplexität ist zur Implementierung weniger spezifische Hardware erforderlich, und es
- 10 wird ein niedrigerer Stromverbrauch erzielt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung einer Synchronisationsfolge $y(i)$ der Länge n , bei dem
 - 5 die Synchronisationsfolge $y(i)$ gemäß folgender Beziehung auf einer ersten konstituierenden Folge x_1 der Länge n_1 und einer zweiten konstituierenden Folge x_2 der Länge n_2 basiert:

$$y(i) = x_2(i \bmod n_2) * x_1(i \operatorname{div} n_2) \text{ für } i = 0 \dots (n_1 * n_2) - 1.$$
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Synchronisationsfolge $y(i)$ die Länge 256 aufweist, und die konstituierenden Folgen x_1 , x_2 die Länge 16 aufweisen.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
 - 15 es sich bei zumindest einer der konstituierenden Folgen x_1 bzw. x_2 um eine Golaysequenz handelt.
- 4 Verfahren nach Anspruch 3, bei dem zumindest eine der beiden konstituierenden Folgen x_1 bzw. x_2
 - 20 eine Golaysequenz ist, die auf folgenden Parametern basiert: Delaymatrix $D^1 = [8, 4, 1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^1 = [1, -1, 1, 1]$;
 bzw.
 Delaymatrix $D^2 = [8, 4, 1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^2 = [1, -1,$
 25 $1, 1]$.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bildung zumindest einer konstituierenden Folge x_1 bzw. x_2 gemäß folgender Beziehung erfolgt:
 - 30 $x_1(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1;$
 bzw.
 $x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3), i = 0 \dots (n_3 * n_4) - 1.$
 - 35
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem

x_3 und x_4 identisch sind und als Golaysequenzen der Länge 4 auf folgenden Parametern basieren:

Delaymatrix $D^3 = D^4 = [1, 2]$ und Gewichtsmatrix $W^3 = W^4 = [1, 1]$.

5

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei dem eine Golaysequenz a_n durch folgende rekursive Beziehung definiert ist:

10

$$a_0(k) = \delta(k) \text{ und } b_0(k) = \delta(k)$$

$$a_n(k) = a_{n-1}(k) + W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

$$b_n(k) = a_{n-1}(k) - W_n \cdot b_{n-1}(k - D_n) ,$$

15

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^N,$$

$$n = 1, 2, \dots, N,$$

20

$\delta(k)$ Kroneckersche Deltafunktion

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bildung und/oder Übertragung der Synchronisationsfolge $y(i)$ zum Zwecke der Synchronisation mindestens zweier Übertragungseinheiten erfolgt.

25

9. Verfahren zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge $E(l)$ enthaltenen vorgegebenen Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, bei dem Korrelationssummen S der Synchronisationsfolge $y(i)$ mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge $E(l)$ bestimmt werden.

30

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem zur Bestimmung zumindest einer Korrelationssumme S zumindest ein Efficient Golay Correlator (EGC) verwendet wird.

35

11. Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation (BS) mit einer Mobilstation (MS), bei dem
die Basisstation eine Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch
5 ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, aussendet, und
eine Mobilstation diese Synchronisationsfolge $y(i)$ empfängt und zu Synchronisationszwecken verarbeitet.
- 10 12. Verfahren zur Synchronisation einer Basisstation (BS) mit einer Mobilstation (MS), bei dem
die Basisstation eine Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch
ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, aussendet, und
15 die Mobilstation die Synchronisationsfolge $y(i)$ nach einem der Ansprüche 9 oder 10 ermittelt.
13. Sendeeinheit (BS) mit
Mitteln (SPE) zur Speicherung einer Synchronisationsfolge
20 $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, und
Mitteln zur Aussendung dieser Synchronisationsfolge $y(i)$ zum Zwecke der Synchronisation mit einer Empfangseinheit (MS).
- 25 14. Sendeeinheit (BS) mit
Mitteln (SPE) zur Speicherung von Parametern oder konstituierenden Folgen zur Beschreibung einer Synchronisationsfolge $y(i)$,
Mitteln zur Bildung einer Synchronisationsfolge $y(i)$ gemäß
30 einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, und
Mitteln zur Aussendung dieser Synchronisationsfolge $y(i)$ zum Zwecke der Synchronisation mit einer Empfangseinheit (MS).
15. Empfangseinheit (MS) mit
35 Mitteln (SPE) zur Speicherung einer Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist,

Mitteln zum Empfang einer Empfangssignalfolge $E(l)$, und
Mitteln zur Ermittlung einer Synchronisationsfolge $y(i)$.

16. Empfangseinheit (MS) mit

- 5 Mitteln (SPE) zur Speicherung von Parametern oder konstituierenden Folgen zur Beschreibung einer Synchronisationsfolge $y(i)$, die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist,

Mitteln zum Empfang einer Empfangssignalfolge $E(l)$, und

- 10 Mitteln zur Ermittlung einer Synchronisationsfolge $y(i)$.

17. Empfangseinheit (MS) nach einem der Ansprüche 15 bis 16 mit zumindest einem Efficient Golay Korrelator zur Ermittlung der Synchronisationsfolge $y(i)$.

15

18. Empfangseinheit (MS) nach einem der Ansprüche 15 bis 17 mit

zwei hintereinander geschalteten Matched Filtern, die als Efficient Golay Korrelatoren ausgebildet sind zur Ermittlung
20 der Synchronisationsfolge $y(i)$.

19. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen,

bei dem die Synchronisationsfolge aus zwei konstituierenden
25 Folgen zusammengesetzt ist,

wobei die erste konstituierende Folge entsprechend der Anzahl der Elemente der zweiten konstituierenden Folge wiederholt wird,

- 30 wobei alle Elemente einer bestimmten Wiederholung der ersten konstituierenden Folge mit dem entsprechenden Element der zweiten konstituierenden Folgen moduliert werden und die Wiederholungen der ersten konstituierenden Folge miteinander verschachtelt werden.

- 35 20. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen,

bei dem die Synchronisationsfolge $y(i)$ der Länge $(n_1 * n_2)$ aus zwei konstituierenden Folgen x_1 und x_2 der Länge n_1 und n_2 gemäß der Formel $y(i) = x_2(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_1)) * x_1((i \operatorname{div} s) \bmod n_1)$, $i = 0, \dots, (n_1 * n_2) - 1$, zusammengesetzt ist.

5

21. Verfahren zum Senden und/oder Empfangen von Synchronisationsfolgen nach einem der Ansprüche 19 oder 20,

bei dem eine konstituierende Folge x_2 aus zwei konstituierenden Folgen x_3 der Länge n_3 und x_4 der Länge n_4 gemäß der Formel $x_2(i) = x_4(i \bmod s + s * (i \operatorname{div} s n_3)) * x_3((i \operatorname{div} s) \bmod n_3)$, $i = 0, \dots, (n_3 * n_4) - 1$ zusammengesetzt ist oder eine Golaysequenz ist.

10

1/8

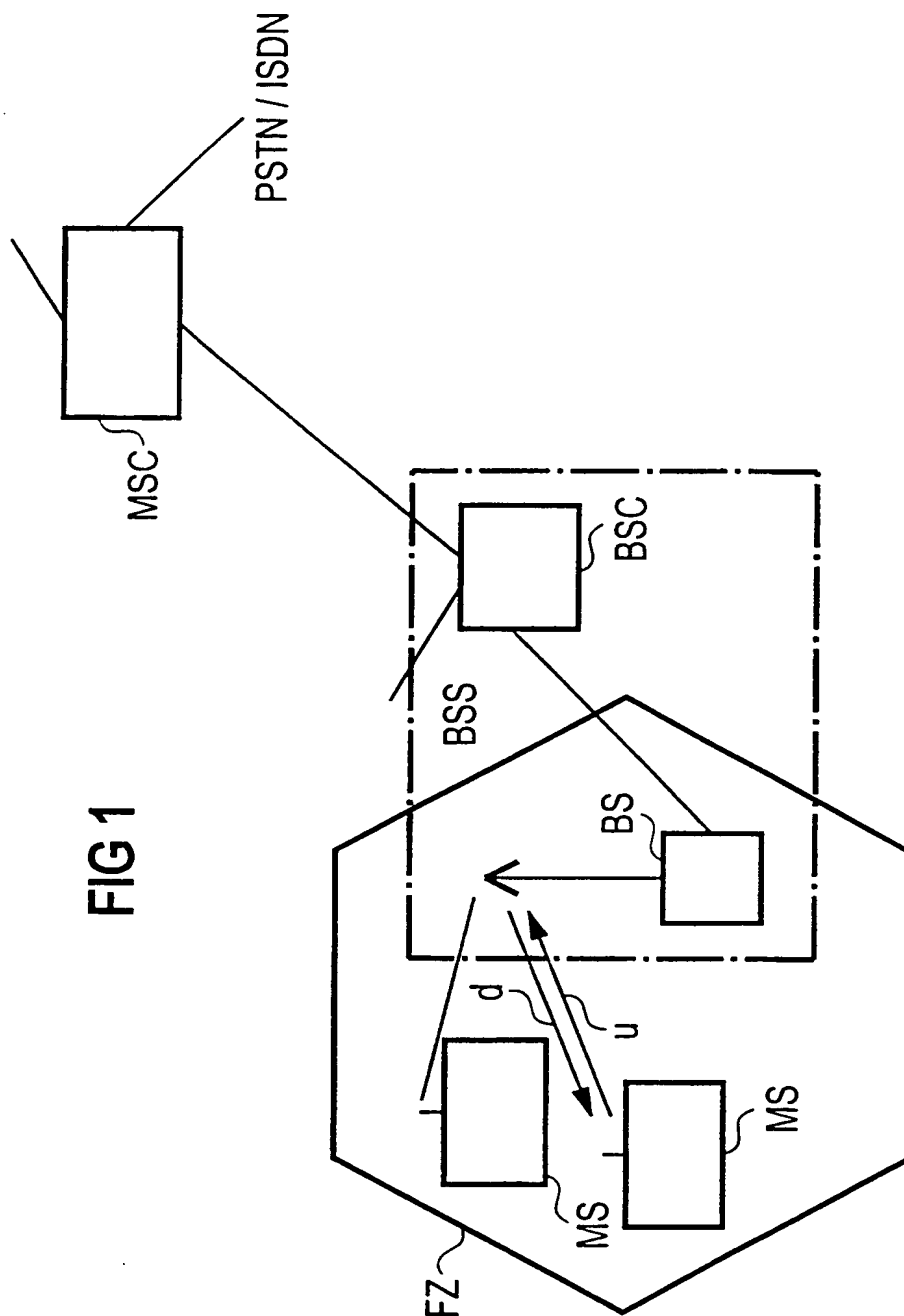


FIG 2

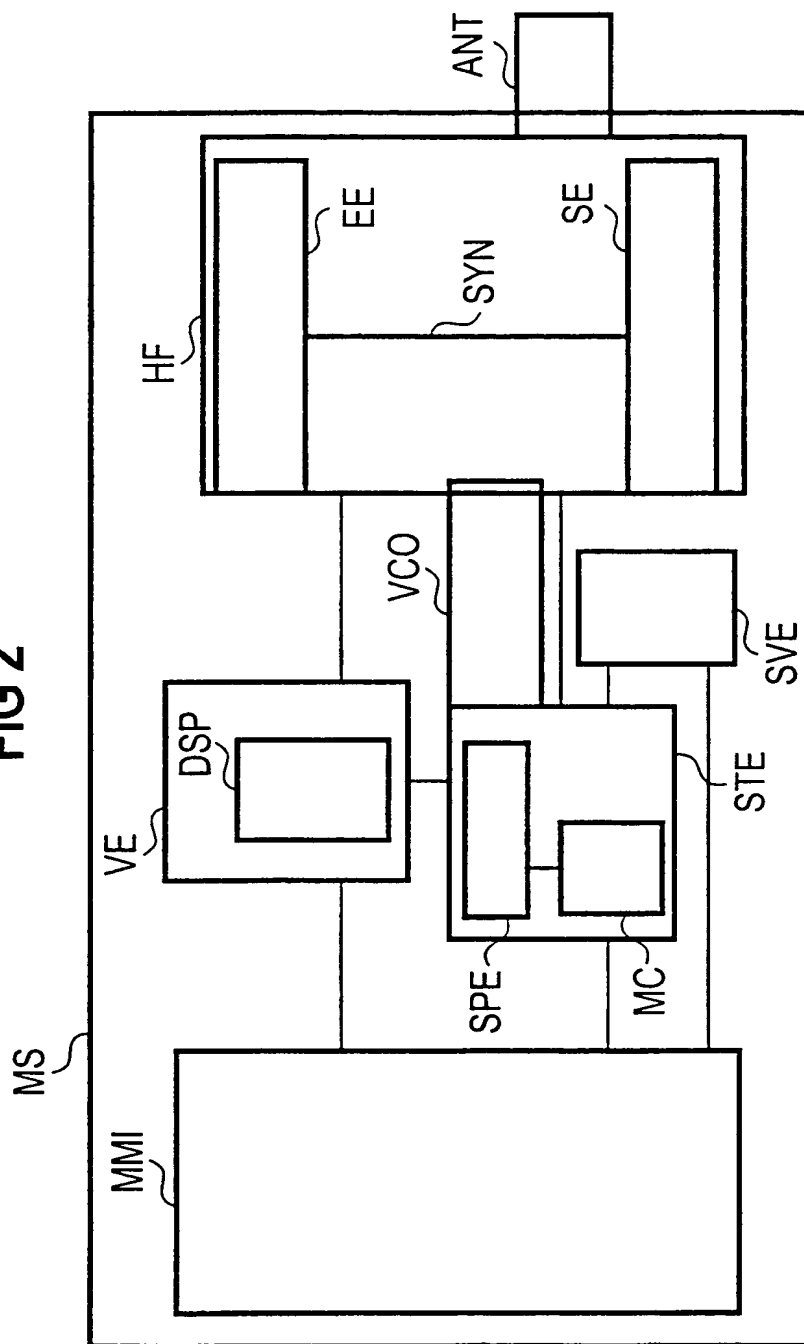
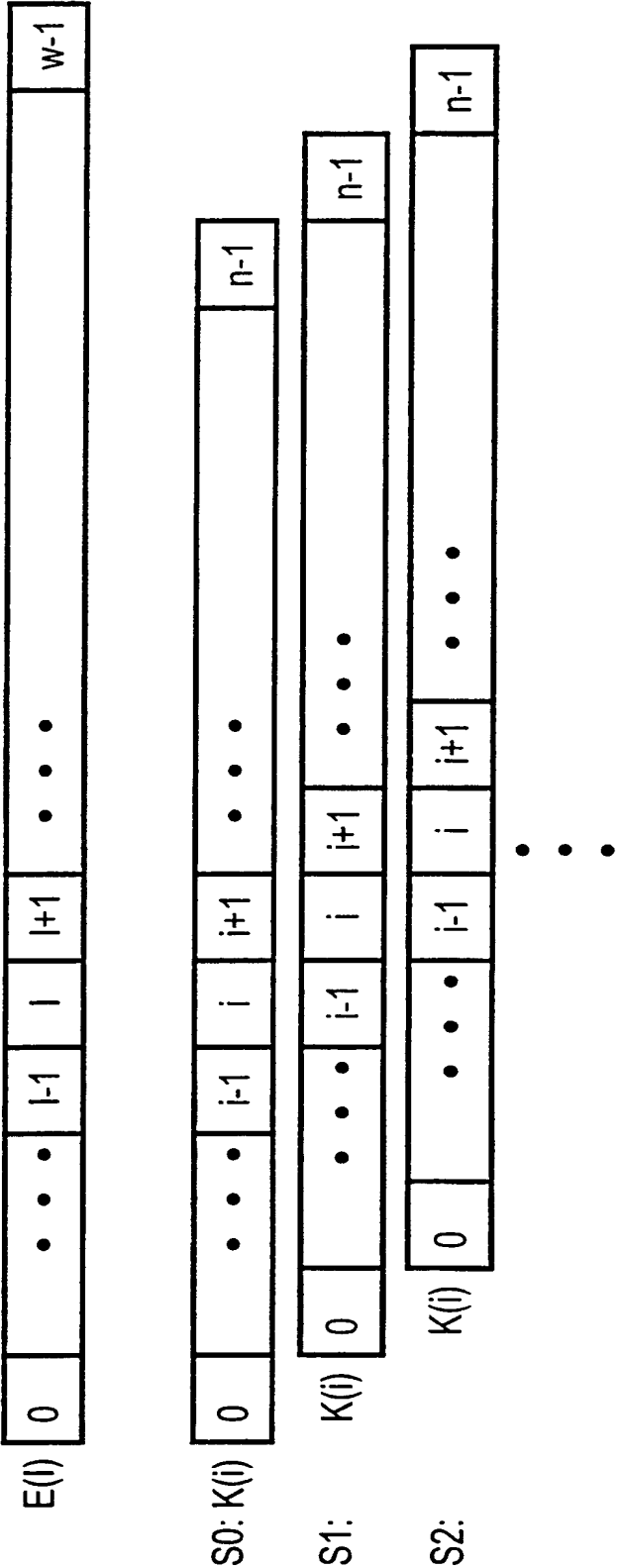


FIG 3



4/8

FIG 4A

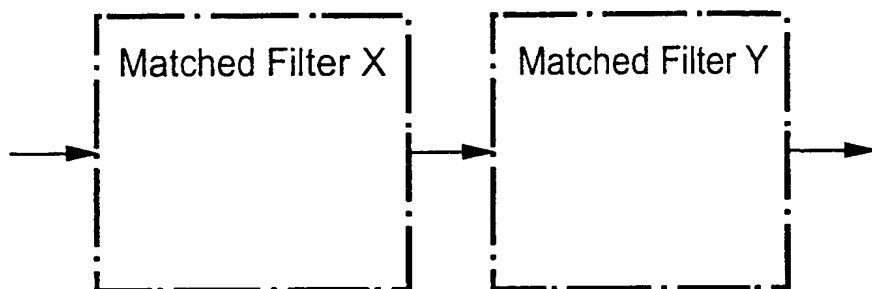


FIG 4B

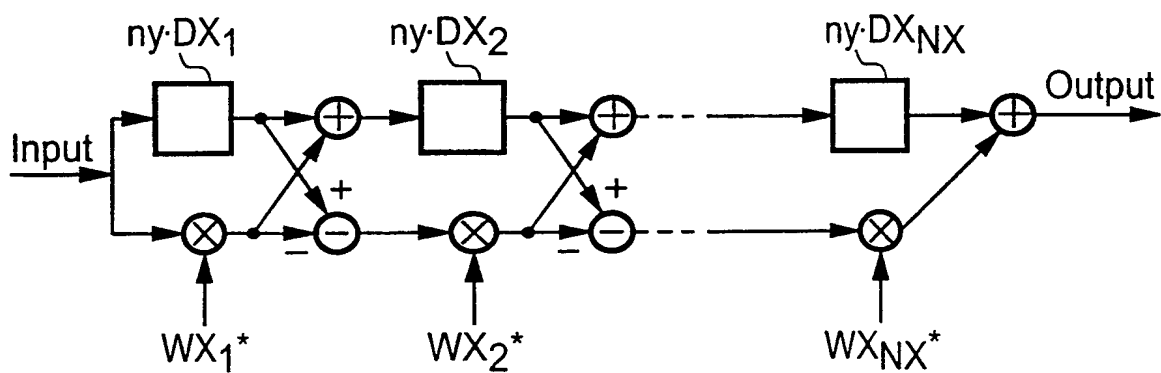


FIG 4C

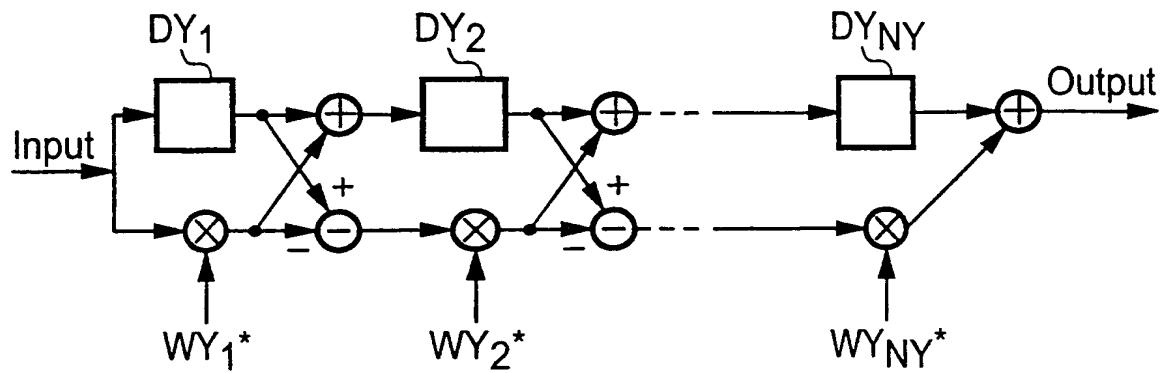


FIG 5

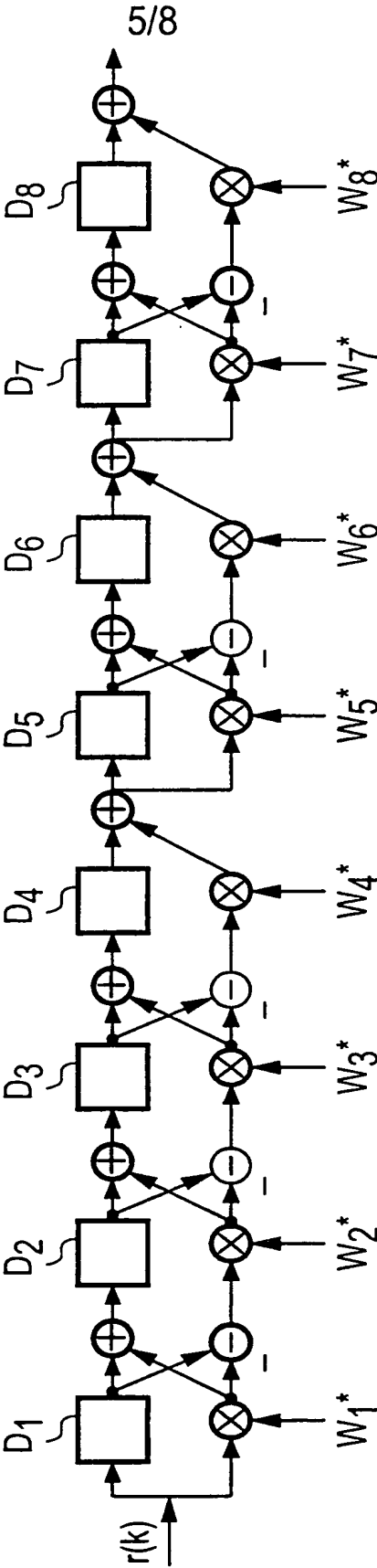


FIG 6

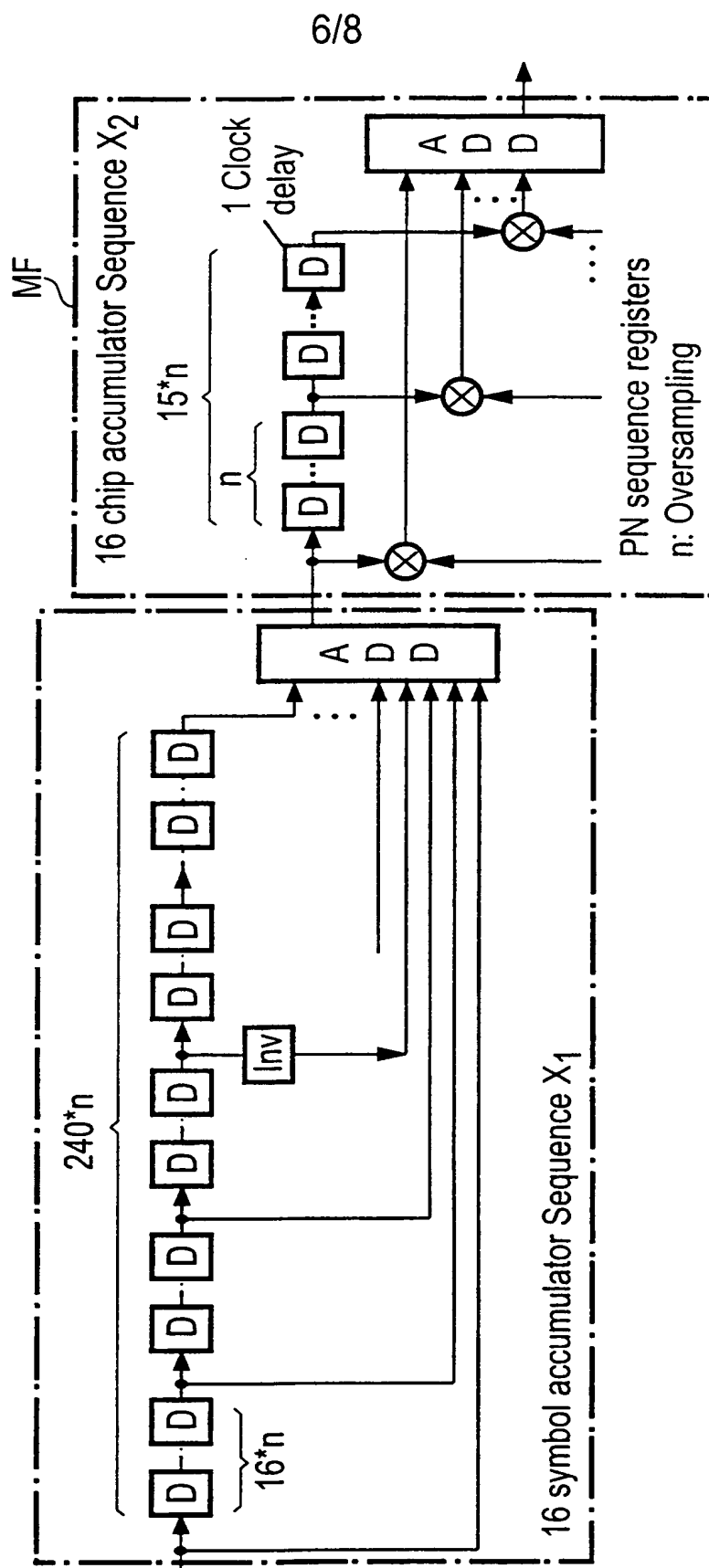


FIG 7

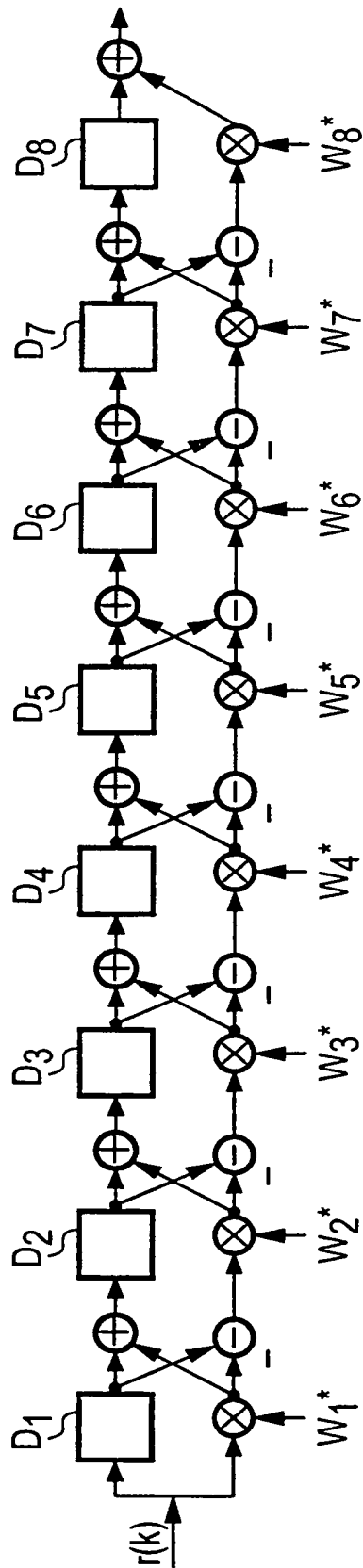
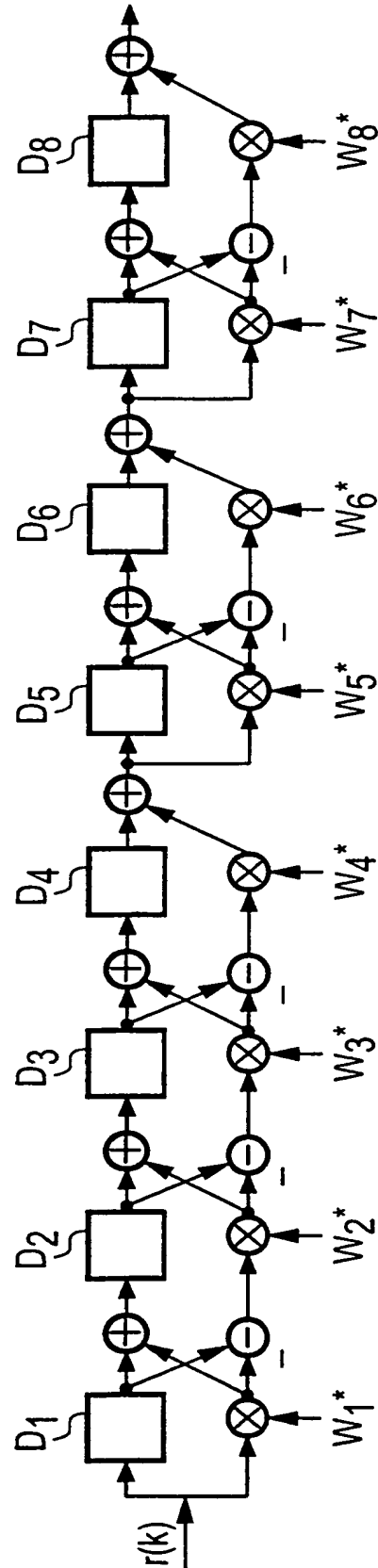


FIG 8



8/8

